



دانشگاه شهید چمران اهواز
دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان

گزارش سالیانه فعالیت‌های انجام شده در سال ۱۳۸۸

KHGCRO YR 1388

۳۱ فروردین ماه ۱۳۸۹

گزارش سالانه فعالیت‌های ۱۳۸۸	عنوان
KHGCRO YR 1388	کد گزارش
۱۳۸۹ / ۱ / ۳۱	تاریخ
<p>دکتر مرتضی بهبهانی‌نژاد، عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید چمران مهندسی مازیار چنگیزیان، دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک دانشگاه شهید چمران مهندس ابوالفضل غریبی خراجی، کارشناس ارشد فرآوری و انتقال گاز دانشگاه صنعت نفت اهواز</p> <p>خانم فروزنده عمید، کارشناس شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج</p>	تدوین کنندگان
<p>در این گزارش شرح فعالیت‌های سال ۱۳۸۸ دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان ارائه شده است. بخش ابتدایی این گزارش مرتبط با بحث بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد. پس از تبیین اهمیت بهینه‌سازی و روش‌های اعمال آن، ساختمان‌های اداری شرکت گاز استان خوزستان به عنوان هدف انتخاب شده و فرآیند بهینه‌سازی این ساختمان‌ها تشریح شده است. بخش بعدی مربوط به نرم‌افزار انتخاب دبی سنج بوده که توسط دفتر پژوهش تدوین شده است. در این بخش اطلاعات فنی همراه با نحوه‌ی استفاده از نرم‌افزار مذکور ارائه شده است. در ادامه نیز روش‌های جدید در راستای مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک معرفی شده و کارایی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. فعالیت‌های انجام گرفته در راستای تدوین نرم‌افزار تخمین میزان‌هدر رفت گاز نیز بخش بعدی این گزارش می‌باشد. خلاصه مقالات تدوین شده که به همایش‌های معتبر علمی ارسال و ارائه شده است نیز در قالب فصلی جداگانه در ادامه مطالب ذکر شده است. سپس فعالیت‌های مرتبط با ایجاد غرفه و شرکت در نمایشگاه هفته پژوهش مورد بحث قرار گرفته و در نهایت سایر فعالیت‌هایی که بصورت موردی ارجاع شده و تعریف شده‌اند ارائه شده است.</p>	چکیده

فهرست مطالب

۱	مقدمه
۳	۲. ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان
۴	۱.۲. بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها
۵	۱.۱.۲. راه کارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها
۱۹	۲.۲. وضعیت موجود ساختمان‌ها
۲۰	۱.۲.۲. شرایط اقلیمی
۲۰	۲.۲.۲. اطلاعات هندسی و زیربنایی
۳۲	۳.۲.۲. اطلاعات کاربری و دیگر اطلاعات
۳۴	۴.۲.۲. بار حرارتی و برودتی ساختمان‌ها
۴۸	۳.۲. راه کارهای بهینه‌سازی در ساختمان‌ها
۵۱	۱.۳.۲. عایقکاری جداره‌ها
۵۶	۲.۳.۲. بکارگیری پنجره‌های چند جداره
۶۰	۳.۳.۲. تنظیم دما
۶۳	۴.۳.۲. استفاده از نوار درزبند
۶۵	۵.۳.۲. بکارگیری برچسب‌های بازتابنده نور خورشید
۶۸	۶.۳.۲. استفاده از منابع نوری راندمان بالا
۷۰	۷.۳.۲. تعویض بالاست مغناطیسی با بالاست الکترونیکی
۷۲	۸.۳.۲. سایر راه کارهای بهینه‌سازی
۷۴	۴.۲. راه کارهای پیشنهادی
۷۵	۱.۴.۲. بررسی ضریب انتقال حرارت ساختمان‌ها
۹۰	۲.۴.۲. حالت استاندارد ساختمان‌ها
۹۲	۳.۴.۲. بار حرارتی برودتی ساختمان‌ها در حالت استاندارد
۱۰۷	۵.۲. منابع
۱۰۸	۳. تدوین راهنمای کاربردی نرم افزار انتخاب کنتور
۱۰۸	۱.۳. انواع دبی سنج‌های جریان گاز

۱۰۹	.....	۱.۱.۳ ادبی سنج جرمی حرارتی
۱۰۹	.....	۲.۱.۳ دبی سنج‌های اختلاف فشاری
۱۱۰	.....	۳.۱.۳ رتامتِر
۱۱۱	.....	۴.۱.۳ دبی سنج‌های سطح متغیر
۱۱۱	.....	۵.۱.۳ دبی سنج اریفیس
۱۱۲	.....	۶.۱.۳ دبی سنج ونتوری
۱۱۳	.....	۷.۱.۳ ادبی سنج‌های کوریولیس
۱۱۳	.....	۸.۱.۳ دبی سنج گردابه‌ای
۱۱۴	.....	۹.۱.۳ دبی سنج گردابه‌ای جرمی چند متغیره
۱۱۴	.....	۱۰.۱.۳ ادبی سنج چندفازی
۱۱۵	.....	۱۱.۱.۳ ادبی سنج کالریمتریک
۱۱۵	.....	۱۲.۱.۳ ادبی سنج‌های دیافراگمی
۱۱۶	.....	۱۳.۱.۳ ادبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instrument
۱۲۰	.....	۱۴.۱.۳ شرکت صنایع پارا
۱۲۵	.....	۱۵.۱.۳ ادبی سنج‌های آلتراسونیک
۱۴۰	.....	۱۶.۱.۳ ادبی سنج توربینی
۱۵۲	.....	۱۷.۱.۳ شرکت توس و متک
۱۵۳	.....	۱۸.۱.۳ شرکت BELL
۱۶۰	.....	۱۹.۱.۳ شرکت FlowTechnology
۱۶۲	.....	۲۰.۱.۳ شرکت Tancy Investment Group
۱۶۶	.....	۲۱.۱.۳ شرکت MUELLER
۱۶۸	.....	۲۲.۱.۳ شرکت HOFFER
۱۷۴	.....	۲۳.۱.۳ شرکت Equimeter
۱۷۷	.....	۲.۳ پارامترهای شاخص دبی سنج‌ها
۱۸۰	.....	۱.۲.۳ انتخاب وسیله اندازه گیری
۱۸۲	.....	۳.۳ تعیین کنتور مناسب
۱۸۳	.....	۱.۳.۳ تقسیم بندی کنتورها بر اساس فاکتورهای جریان
۱۸۹	.....	۲.۳.۳ تقسیم بندی کنتورها بر اساس مشخصات آنها
۱۹۸	.....	۴.۳ انتخاب کنتور توسط نرم افزار

۱۹۸	.....	۱.۴.۳ نصب نرم‌افزار انتخاب کتور
۲۰۰	.....	۲.۴.۳ کار با نرم افزار
۲۱۴	.....	۵.۳ مراجع
۲۱۵	.....	۴ بررسی روش‌های عددی مدل‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک
۲۱۶	.....	۱.۴ مدل‌سازی شبکه
۲۱۸	.....	۱.۱.۴ ماتریس ضریب هدایت
۲۱۹	.....	۲.۱.۴ ماتریس مقاومت
۲۱۹	.....	۲.۴ تحلیل شبکه
۲۲۲	.....	۱.۲.۴ تعیین میزان جریان لازم برای محافظت (یک نقطه تزریق)
۲۲۳	.....	۲.۲.۴ بهینه‌سازی محل تزریق جریان (یک نقطه تزریق)
۲۲۴	.....	۳.۲.۴ تعیین میزان جریان لازم برای محافظت (دو یا بیشتر نقطه تزریق)
۲۲۶	.....	۴.۲.۴ نتیجه‌گیری
۲۲۶	.....	۳.۴ مقایسه‌ی بین روش BEM و روش ECM در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک
۲۲۷	.....	۱.۳.۴ معادلات حاکم
۲۲۷	.....	۲.۳.۴ روش مدار معادل (ECM)
۲۳۰	.....	۳.۳.۴ نتایج
۲۳۴	.....	۴.۴ نتیجه‌گیری
۲۳۴	.....	۵.۴ منابع
۲۳۶	.....	۵ تدوین نرم‌افزار تخمین میزان هدر رفت گاز
۲۳۶	.....	۱.۵ انشت گاز
۲۳۷	.....	۲.۵ مدل مسئله
۲۳۸	.....	۳.۵ معادلات حاکم
۲۴۱	.....	۴.۵ نرم‌افزارهای موجود
۲۴۱	.....	۵.۵ چگونگی تحلیل مسئله
۲۴۴	.....	۶.۵ نتایج نرم‌افزار
۲۴۴	.....	۱.۶.۵ ماخ خروجی کمتر از یک
۲۴۵	.....	۲.۶.۵ ماخ خروجی برابر با یک

- ۲۴۷ ۷.۵ محیط گرافیکی نرم‌افزار تخمین میزان هدر رفت گاز.
- ۲۵۲ ۸.۵ روش‌های استفاده شده جهت تخمین میزان هدر رفت گاز.
- ۲۵۳ ۱.۸.۵ روش تخمین میزان هدر رفت گاز ارائه شده توسط یانگ [۳].
- ۲۶۰ ۲.۸.۵ روش تخمین میزان هدر رفت گاز ارائه شده توسط دانگ [۴].
- ۲۶۲ مدل سوراخ
- ۲۶۴ متوسط دبی خروجی در حالت غیر دائم
- ۲۶۶ ۹.۵ مراجع
- ۲۶۷ ۶ شرکت در کنفرانس‌ها و سمینارهای داخلی و خارجی و مقالات ارائه شده
- ۲۶۷ ۱.۶ بررسی نتایج ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان
- ۲۸۷ ۲.۶ مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک
- ۲۹۳ ۷ برپایی غرفه دفتر در هفته پژوهش
- ۲۹۳ ۱.۷ غرفه هفته پژوهش
- ۲۹۵ ۱.۱.۷ غرفه دفتر پژوهش از نگاه دوربین
- ۳۰۴ ۸ سایر فعالیت‌ها
- ۳۰۴ ۱.۸ روش‌های عددی شبیه‌سازی جریان درون کنتورهای گاز توربینی
- ۳۰۵ ۱.۱.۸ اهمیت دقت در اندازه‌گیری جریان
- ۳۰۹ ۲.۱.۸ اصول اندازه‌گیری دبی و دسته بندی دبی‌سنج‌ها
- ۳۱۱ ۳.۱.۸ دبی‌سنج‌های توربینی
- ۳۱۴ ۴.۱.۸ روش‌های عددی در اندازه‌گیری جریان در دبی‌سنج‌های توربینی
- ۳۲۴ ۲.۸ معرفی آچارهای با قابلیت تنظیم
- ۳۲۵ ۱.۲.۸ آچارهای قابل تنظیم با فک باز
- ۳۲۷ ۲.۲.۸ آچارهای بوکس قابل تنظیم
- ۳۳۱ ۳.۸ تعریف پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مرتبط با گاز
- ۳۳۱ ۴.۸ منابع
- ۳۳۴ پیوست الف نتایج نرم‌افزار Carrier در حالت موجود ساختمان‌ها
- ۳۵۷ پیوست ب نحوه محاسبه میزان انرژی و هزینه صرفه‌جویی شده

-
- پیوست ج نتایج نرم‌افزار Carrier در حالت استاندارد ساختمان‌ها..... ۳۵۹
- پیوست د مقاله شبیه‌سازی جریان گذرا در خطوط لوله گاز طبیعی به کمک فضای حالت..... ۳۸۲
- پیوست ه مقاله‌ی مروری بر روش‌های شبیه‌سازی حفاظت کاتدیک..... ۳۹۰
- پیوست و تعریف طرح‌های پایان‌نامه‌ای در مقطع کارشناسی ارشد..... ۴۰۰
- پیوست ز تعریف طرح‌های پژوهشی..... ۴۱۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱.۲: مقایسه سهم مصارف انرژی در بخش‌های مختلف مصرف کننده انرژی در برخی از کشورها ۵
- شکل ۱.۳: دبی سنج جرمی حرارتی ۱۰۹
- شکل ۲.۳: کنتور اختلاف فشاری (اوریفیسی) ۱۱۰
- شکل ۳.۳: شکل دبی سنج رتامتر ۱۱۰
- شکل ۴.۳: کنتور سطح متغیر ۱۱۱
- شکل ۵.۳: دبی سنج اریفیس ۱۱۲
- شکل ۶.۳: دبی سنج ونتوری ۱۱۲
- شکل ۷.۳: کنتور کوریولیس ۱۱۳
- شکل ۸.۳: دبی سنج گردابه‌ای ۱۱۳
- شکل ۹.۳: دبی سنج گردابه‌ای جرمی چند متغیره ۱۱۴
- شکل ۱۰.۳: دبی سنج چندفازی ۱۱۵
- شکل ۱۱.۳: دبی سنج کالریمتریک ۱۱۵
- شکل ۱۲.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی ۱۱۶
- شکل ۱۳.۳: نحوه‌ی کارکرد دبی سنج‌های دیافراگمی ۱۱۶
- شکل ۱۴.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G1.6 - BK-G6 ۱۱۷
- شکل ۱۵.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instrome سری BK-G10 - BK-G25 ۱۱۸
- شکل ۱۶.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G40, BK-G65, BK-G100 ۱۱۹
- شکل ۱۷.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری High Pressure-DM ۱۱۹
- شکل ۱۸.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 100/G 25/G 40/G 65 ۱۲۰
- شکل ۱۹.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 10/G 16 ۱۲۱
- شکل ۲۰.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G6 ۱۲۲
- شکل ۲۱.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4 ۱۲۳
- شکل ۲۲.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4 NP ۱۲۴
- شکل ۲۳.۳: شکل شماتیک کارکرد دبی سنج آلتراسونیک پالسی ۱۲۵
- شکل ۲۴.۳: دبی سنج مافوق صوت با پدیده دوپلر ۱۲۹
- شکل ۲۵.۳: شماتیک کارکرد دبی سنج آلتراسونیک دوپلری ۱۲۹
- شکل ۲۶.۳: دبی سنج آلتراسونیک FlareSonic شرکت الستر ۱۳۰

- شکل ۲۷.۳: دبی سنج آلتراسونیک CheckSonic شرکت الستر ۱۳۱
- شکل ۲۸.۳: دبی سنج آلتراسونیک USM شرکت الستر ۱۳۱
- شکل ۲۹.۳: دبی سنج آلتراسونیک UGF 20 ۱۳۲
- شکل ۳۰.۳: دبی سنج آلتراسونیک Psonic-1 استاندارد (چپ)، دبی سنج آلتراسونیک Psonic-1 ضد حریق (راست) ۱۳۳
- شکل ۳۱.۳: دبی سنج آلتراسونیک Daniel SeniorSonic ۱۳۵
- شکل ۳۲.۳: Mark III™ Electronics ۱۳۵
- شکل ۳۳.۳: دبی سنج Daniel JuniorSonic™ ۱۳۶
- شکل ۳۴.۳: دبی سنج آلتراسونیک MPU 1200 Series B ۱۳۶
- شکل ۳۵.۳: دبی سنج آلتراسونیک MPU 600 Series B ۱۳۷
- شکل ۳۶.۳: دبی سنج آلتراسونیک MPU 200 Series B ۱۴۰
- شکل ۳۷.۳: دبی سنج توربینی ۱۴۱
- شکل ۳۸.۳: دبی سنج از نوع Paddlewheel ۱۴۱
- شکل ۳۹.۳: نمائی از طرز عملکرد دبی سنج توربینی ۱۴۲
- شکل ۴۰.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری TRZ 03 شرکت RMG ۱۴۴
- شکل ۴۱.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری TRZ 03-TE/L شرکت RMG ۱۴۵
- شکل ۴۲.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری TRZ 03 L شرکت RMG ۱۴۶
- شکل ۴۳.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری "Q" و "QIC" شرکت Instromet ۱۴۷
- شکل ۴۴.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری X-XIC شرکت Instromet ۱۴۸
- شکل ۴۵.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری Fluxi 2000/TZ شرکت ACTARIS ۱۴۹
- شکل ۴۶.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری MZ شرکت ACTARIS ۱۵۰
- شکل ۴۷.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری iMTM-CT شرکت i-Meter ۱۵۲
- شکل ۴۸.۳: مدل‌های مختلف دبی سنج‌های BSP- 1/2" BSP- 3/4" شرکت Bell ۱۵۶
- شکل ۴۹.۳: مدل‌های مختلف دبی سنج‌های BSP, 1" BSP, 1 1/2" BSP, 2" شرکت Bell ۱۵۶
- شکل ۵۰.۳: مدل‌های مختلف دبی سنج‌های 1/4" Screwed, 1" Screwed, 1 1/4" Screwed, 1 1/2" Screwed, 2" Screwed, 2" Flanged شرکت Bell ۱۵۸
- شکل ۵۱.۳: مدل‌های مختلف دبی سنج‌های 3" Flanged شرکت Bell ۱۵۸
- شکل ۵۲.۳: مدل‌های مختلف دبی سنج‌های گازی توربینی CPT Quantometro شرکت Bell ۱۶۰
- شکل ۵۳.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی FT Series شرکت Flow Technology ۱۶۱

- شکل ۵۴.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی FTO Series شرکت Flow Technology ۱۶۲
- شکل ۵۵.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TBQC Series CPU شرکت Tancy Investment Group ۱۶۳
- شکل ۵۶.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TBQ شرکت Tancy Investment Group ۱۶۴
- شکل ۵۷.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TBQJ Series شرکت Tancy Investment Group ۱۶۵
- شکل ۵۸.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TBQZ Series شرکت Tancy Investment Group ۱۶۶
- شکل ۵۹.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی GTS Series شرکت MUELLER ۱۶۷
- شکل ۶۰.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی HO Series شرکت HOFFER ۱۶۸
- شکل ۶۱.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی MF Series شرکت HOFFER ۱۷۰
- شکل ۶۲.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی HP Series شرکت HOFFER ۱۷۱
- شکل ۶۳.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی WING NUT Series شرکت HOFFER ۱۷۱
- شکل ۶۴.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی WAFER Series شرکت HOFFER ۱۷۲
- شکل ۶۵.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی PREMIER Series شرکت HOFFER ۱۷۳
- شکل ۶۶.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی AUTOCLAVE Series شرکت HOFFER ۱۷۳
- شکل ۶۷.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی 4" to 12" Mark II شرکت Equimeter ۱۷۴
- شکل ۶۸.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی 3" & 2" Mark IIE شرکت Equimeter ۱۷۵
- شکل ۶۹.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی T-10 3" & 2" شرکت Equimeter ۱۷۶
- شکل ۷۰.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TPL-9 3" & 2" شرکت Equimeter ۱۷۷
- شکل ۷۱.۳: ترتیب اهمیت موضوعات در انتخاب یک کنتور ۱۸۲
- شکل ۷۲.۳: تقسیم بندی کنتورها بر اساس اندازه‌گیری جرم یا حجم گاز ۱۸۳
- شکل ۷۳.۳: تقسیم بندی کنتورها بر اساس اندازه‌گیری دبی لحظه‌ای یا مجموع حجم گاز ۱۸۴
- شکل ۷۴.۳: معیار انتخاب کنتورها بر اساس دبی و فشار کارکرد ۱۸۸
- شکل ۷۵.۳: فایل‌های موجود در بسته نرم‌افزاری ۱۹۸
- شکل ۷۶.۳: صفحه اول مربوط به نصب نرم‌افزار ۱۹۹
- شکل ۷۷.۳: صفحه اعلام مسیر نصب نرم‌افزار ۱۹۹
- شکل ۷۸.۳: صفحه اعلام نصب با موفقیت نرم‌افزار ۲۰۰
- شکل ۷۹.۳: صفحه اول نرم‌افزار انتخاب دبی‌سنج ۲۰۰
- شکل ۸۰.۳: گزینه‌های مربوط به زیر بخش فایل ۲۰۱
- شکل ۸۱.۳: صفحه نحوه محاسبه ضریب تراکم پذیری گاز ۲۰۲

- شکل ۸۲.۳: صفحه نحوه محاسبه سرعت گاز در لوله ۲۰۳
- شکل ۸۳.۳: صفحه مراجع ۲۰۴
- شکل ۸۴.۳: زیربخش‌های Flow meter ۲۰۴
- شکل ۸۵.۳: انواع دبی‌سنج‌های از نوع Differential Pressure ۲۰۵
- شکل ۸۶.۳: صفحه مربوط به دریافت اطلاعات اولیه دبی‌سنج ۲۰۷
- شکل ۸۷.۳: صفحه تبدیل واحد نرم‌افزار ۲۰۷
- شکل ۸۸.۳: صفحه معین‌کننده نوع کنتورهای انتخابی ۲۰۸
- شکل ۸۹.۳: صفحه مربوط به دبی‌سنج‌های دیافراگمی انتخاب شده ۲۰۹
- شکل ۹۰.۳: خصوصیات دبی‌سنج دیافراگمی انتخاب شده ۲۰۹
- شکل ۹۱.۳: صفحه انتخاب کنتور برای مثال توربینی ۲۱۰
- شکل ۹۲.۳: صفحه شرکت‌های سازنده دبی‌سنج‌های توربینی ۲۱۱
- شکل ۹۳.۳: صفحه مشخصات کلی کنتورهای توربینی ۲۱۱
- شکل ۹۴.۳: مشخصات کلی شرکت DMS ۲۱۲
- شکل ۹۵.۳: مدل‌های ارائه شده توسط شرکت DMS ۲۱۳
- شکل ۹۶.۳: خصوصیات دبی‌سنج EQZ شرکت DMS ۲۱۳
- شکل ۱.۴: یک شبکه خطوط لوله فرضی ۲۱۶
- شکل ۲.۴: مدل‌سازی بخشی از شبکه با مدار معادل ۲۱۷
- شکل ۳.۴: یک شبکه خط لوله همراه با گره‌های حقیقی و مجازی ۲۲۰
- شکل ۴.۴: مدار معادل شبکه خط لوله ۲۲۰
- شکل ۵.۴: ماتریس ضرایب هدایت (Ω) ۲۲۱
- شکل ۶.۴: ماتریس ضرایب مقاومت ($m\Omega$) ۲۲۲
- شکل ۷.۴: میزان حساسیت گره‌ها به گره‌ی ۷ (ستون ۷ ماتریس مقاومت) ۲۲۲
- شکل ۸.۴: میزان حساسیت گره‌ها به گره‌ی ۷ و گره‌ی ۱۲ به صورت مجزا و ترکیبی ۲۲۴
- شکل ۹.۴: نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌ها در طول لوله و در اتصال آنها به الکترولیت ۲۲۸
- شکل ۱۰.۴: منحنی پلاریزاسیون ۲۳۰
- شکل ۱۱.۴: شماتیکی از نحوه قرارگیری آند و خط لوله ۲۳۱
- شکل ۱۲.۴: تغییرات پتانسیل در سطح لوله ۲۳۱
- شکل ۱۳.۴: تغییرات پتانسیل در راستای محور لوله ۲۳۱
- شکل ۱۴.۴: توزیع پتانسیل در طول لوله به ازای مقاومت‌های مختلف پلاریزاسیون ۲۳۲

- شکل ۱۵.۴: توزیع پتانسیل در طول لوله به ازای فواصل مختلف آند از خط لوله ۲۳۳
- شکل ۱.۵: شماتیک مسئله هدر رفت گاز از لوله‌ها ۲۳۸
- شکل ۲.۵: مدل در نظر گرفته شده برای تخمین هدر رفت گاز از لوله شکسته ۲۳۸
- شکل ۳.۵: مدل جریان یک بعدی همراه با اصطکاک درون لوله ۲۳۹
- شکل ۴.۵: تغییر دبی عبوری از لوله بر حسب فشار در خروجی لوله ۲۴۲
- شکل ۵.۵: تغییر ماخ ورودی نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف ۲۴۶
- شکل ۶.۵: تغییر ماخ خروجی نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف ۲۴۶
- شکل ۷.۵: دبی هدر رفت در یک ساعت نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف ۲۴۶
- شکل ۸.۵: صفحه اول نرم افزار ۲۴۷
- شکل ۹.۵: زیر منوی file ۲۴۸
- شکل ۱۰.۵: صفحه ورود اطلاعات ۲۴۹
- شکل ۱۱.۵: نمایش واحدهای فشار ورودی در خط اصلی ۲۴۹
- شکل ۱۲.۵: نمایش واحدهای دمای ورودی در خط اصلی ۲۵۰
- شکل ۱۳.۵: نمایش واحدهای طول لوله در لوله‌ای که در آن نشتی رخ می‌دهد ۲۵۰
- شکل ۱۴.۵: نمایش واحدهای قطر لوله در لوله‌ای که در آن نشتی رخ می‌دهد ۲۵۰
- شکل ۱۵.۵: نمایش واحدهای زمان نشتی ۲۵۱
- شکل ۱۶.۵: صفحه اول نرم افزار ۲۵۱
- شکل ۱۷.۵: صفحه نتایج ۲۵۲
- شکل ۱۸.۵: شماتیکی از خروج جریان از سوراخ لوله [۳] ۲۵۳
- شکل ۱۹.۵: پارامترهای استفاده شده در مرجع [۳] ۲۵۴
- شکل ۲۰.۵: تغییرات فشار استاتیک و سکون در طول خط لوله ۲۵۴
- شکل ۲۱.۵: پارامترهای استفاده شده در مرجع [۴] ۲۶۱
- شکل ۲۲.۵: شماتیکی از خروج جریان از سوراخ لوله ۲۶۱
- شکل ۱.۷: بازدید ریاست محترم دانشگاه آقای دکتر زرگر شوشتری از غرفه ۲۹۵
- شکل ۲.۷: آقای دکتر بهبهانی نژاد و آقای دکتر زرگر شوشتری ریاست محترم دانشگاه ۲۹۵
- شکل ۳.۷: نمایی از غرفه ۲۹۶
- شکل ۴.۷: نمایی از استند شرکت گاز و پوستره‌های ارائه شده ۲۹۶
- شکل ۵.۷: استندهای ارائه شده در هفته پژوهش ۲۹۷
- شکل ۶.۷: بازدیدکنندگان از غرفه ۲۹۷

- شکل ۷.۷: بازدیدکنندگان از غرفه ۲۹۸
- شکل ۸.۷: همکار پژوهشی پالایشگاه بیدبلند و دفتر پژوهش در غرفه ۲۹۸
- شکل ۹.۷: غرفه‌های شرکت کننده در هفته پژوهش ۲۹۹
- شکل ۱۰.۷: غرفه‌های شرکت کننده در هفته پژوهش ۲۹۹
- شکل ۱۱.۷: بروشور معرفی دفتر پژوهش شرکت گاز-۱ ۳۰۰
- شکل ۱۲.۷: بروشور معرفی دفتر پژوهش شرکت گاز-۲ ۳۰۰
- شکل ۱۳.۷: پوستر معرفی نرم‌افزار انتخاب کتور ۳۰۱
- شکل ۱۴.۷: پوستر بهینه‌سازی انرژی در ساختمان مرکزی شرکت گاز استان خوزستان ۳۰۳
- شکل ۱.۸: دسته‌بندی دبی‌سنج‌ها از نظر روش اندازه‌گیری ۳۱۱
- شکل ۲.۸: ساختمان دو نوع فلومتر توربینی، الف) اندازه‌گیری مغناطیسی، ب) اندازه‌گیری مکانیکی ۳۱۲
- شکل ۳.۸: روش عمومی تعلیق روتور در مسیر جریان سیال ۳۱۲
- شکل ۴.۸: دبی‌سنج توربینی محوری ۳۱۳
- شکل ۵.۸: دبی‌سنج توربینی مماسی ۳۱۴
- شکل ۶.۸: نمونه‌ای از حوزه مورد مطالعه جریان قبل از دبی‌سنج‌ها ۳۱۶
- شکل ۷.۸: جایگزینی منحنی نرخ جریان اختیاری توسط خطوط پله‌ای با طول هر مرحله Δt_i ; ... ۳۱۸
- شکل ۸.۸: نمونه‌ای از حوزه مورد مطالعه جریان دبی‌سنج‌های توربینی مماسی ۳۲۰
- شکل ۹.۸: مدل مش‌بندی شده دبی‌سنج توربینی مماسی ۳۲۱
- شکل ۱۰.۸: فلوجارت شبیه‌سازی ۳۲۲
- شکل ۱۱.۸: مناطق هم فشار میدان جریان داخلی ۳۲۳
- شکل ۱۲.۸: بردارهای سرعت میدان جریان داخلی ۳۲۳
- شکل ۱۳.۸: مناطق هم‌فشار سطح روتور ۳۲۳
- شکل ۱۴.۸: مدل **AAW100** شرکت بلک انددیگر ۳۲۵
- شکل ۱۵.۸: مدل C711H شرکت کوپر ۳۲۵
- شکل ۱۶.۸: مدل W30703 شرکت کوپر ۳۲۶
- شکل ۱۷.۸: مدل 87-793 شرکت استنلی ۳۲۶
- شکل ۱۸.۸: مدل 85-610 شرکت استنلی ۳۲۶
- شکل ۱۹.۸: مدل BG8-01R-01 شرکت لاگرهید ۳۲۶
- شکل ۲۰.۸: مدل 10LW شرکت ویس-گریپ ۳۲۷
- شکل ۲۱.۸: مدل 4YR18 SAE شرکت وستوارد ۳۲۸

۳۲۸	.....	شکل ۲۲.۸: مدل 5MW40 شرکت وستوارد
۳۲۹	.....	شکل ۲۳.۸: مدل HK1 شرکت هیدروکیتیک
۳۲۹	.....	شکل ۲۴.۸: مدل BW6-01R-01 شرکت لاگرهید
۳۳۰	.....	شکل ۲۵.۸: مدل FR28SWMP شرکت کرزت

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱.۲: ممیزی انرژی در ساختمان‌های مورد مطالعه به همراه بهبود شاخص مصرف سوخت [۱].. ۶
- جدول ۲.۲: ممیزی انرژی در ساختمان‌های مورد مطالعه به همراه بهبود شاخص مصرف برق [۱]..... ۷
- جدول ۳.۲: مقادیر مصرف سالیانه انرژی در ساختمان‌های نمونه ممیزی شده [۱]..... ۷
- جدول ۴.۲: گروه‌بندی استان‌ها از نظر میزان مصرف انرژی مورد نیاز [۱]..... ۸
- جدول ۵.۲: میزان یارانه پرداختی به طرح‌های ساختمانی با حمایت وزارت نفت تا آبان ماه سال [۱]. ۱۰
- جدول ۶.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مرکزی (از داخل به خارج)..... ۲۱
- جدول ۷.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مرکزی (از خارج به داخل)..... ۲۱
- جدول ۸.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان مرکزی (از خارج به داخل)..... ۲۱
- جدول ۹.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان مرکزی..... ۲۲
- جدول ۱۰.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مهندسی (از داخل به خارج)..... ۲۲
- جدول ۱۱.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مهندسی (از خارج به داخل)..... ۲۳
- جدول ۱۲.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان مهندسی (از خارج به داخل)..... ۲۳
- جدول ۱۳.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان مهندسی..... ۲۳
- جدول ۱۴.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان بانک و امور مالی (از داخل به خارج)..... ۲۴
- جدول ۱۵.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان بانک و امور مالی (از خارج به داخل)..... ۲۴
- جدول ۱۶.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان بانک و امور مالی (از خارج به داخل)..... ۲۵
- جدول ۱۷.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان بانک و امور مالی..... ۲۵
- جدول ۱۸.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان امور مشترکین شرق (از داخل به خارج)..... ۲۶
- جدول ۱۹.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان امور مشترکین شرق (از خارج به داخل)..... ۲۶
- جدول ۲۰.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان امور مشترکین شرق (از خارج به داخل)..... ۲۷
- جدول ۲۱.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان امور مشترکین شرق..... ۲۷
- جدول ۲۲.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان آموزش (از داخل به خارج)..... ۲۸
- جدول ۲۳.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان آموزش (از خارج به داخل)..... ۲۸
- جدول ۲۴.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان آموزش (از خارج به داخل)..... ۲۸
- جدول ۲۵.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای ساختمان آموزش..... ۲۹
- جدول ۲۶.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان کالا (از داخل به خارج)..... ۲۹
- جدول ۲۷.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان کالا (از خارج به داخل)..... ۳۰

- جدول ۲۸.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان کالا (از خارج به داخل)..... ۳۰
- جدول ۲۹.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای ساختمان کالا..... ۳۰
- جدول ۳۰.۲: مشخصات اجرایی دیوار رستوران (از خارج به داخل)..... ۳۱
- جدول ۳۱.۲: مشخصات اجرایی کف رستوران (از خارج به داخل)..... ۳۱
- جدول ۳۲.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای رستوران..... ۳۲
- جدول ۳۳.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی..... ۳۴
- جدول ۳۴.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی اول ساختمان مرکزی..... ۳۶
- جدول ۳۵.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی دوم ساختمان مرکزی..... ۳۷
- جدول ۳۶.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی سوم ساختمان مرکزی..... ۳۸
- جدول ۳۷.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی..... ۳۹
- جدول ۳۸.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک..... ۴۱
- جدول ۳۹.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان امورمشترکین..... ۴۴
- جدول ۴۰.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان آموزش..... ۴۴
- جدول ۴۱.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان انبار کالا و بهره برداری..... ۴۵
- جدول ۴۲.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان رستوران و تالار اجتماعات..... ۴۷
- جدول ۴۳.۲: مجموعه فرصت‌های صرفه‌جویی..... ۴۹
- جدول ۴۴.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان مرکزی..... ۵۳
- جدول ۴۵.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان مهندسی..... ۵۴
- جدول ۴۶.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان آموزش..... ۵۴
- جدول ۴۷.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان کالا..... ۵۴
- جدول ۴۸.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان رستوران..... ۵۵
- جدول ۴۹.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان مرکزی..... ۵۵
- جدول ۵۰.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان مهندسی..... ۵۶
- جدول ۵۱.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان آموزش..... ۵۶
- جدول ۵۲.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان کالا..... ۵۶
- جدول ۵۳.۲: تعویض قاب‌ها از فلزی به upvc در ساختمان مرکزی..... ۵۸
- جدول ۵۴.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان مهندسی..... ۵۸
- جدول ۵۵.۲: تبدیل شیشه‌ها با قاب فلزی به قاب upvc در ساختمان بانک..... ۵۸

- جدول ۵۶.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان امور مشترکین..... ۵۹
- جدول ۵۷.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان آموزش. ۵۹
- جدول ۵۸.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان کالا..... ۵۹
- جدول ۵۹.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان رستوران..... ۶۰
- جدول ۶۰.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان مرکزی..... ۶۰
- جدول ۶۱.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان مهندسی..... ۶۱
- جدول ۶۲.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان بانک و امور مالی..... ۶۱
- جدول ۶۳.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان امور مشترکین..... ۶۱
- جدول ۶۴.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان آموزش..... ۶۲
- جدول ۶۵.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان کالا..... ۶۲
- جدول ۶۶.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان رستوران..... ۶۲
- جدول ۶۷.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان مرکزی..... ۶۳
- جدول ۶۸.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان مهندسی..... ۶۳
- جدول ۶۹.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان بانک و امور مالی..... ۶۴
- جدول ۷۰.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان امور مشترکین شرق..... ۶۴
- جدول ۷۱.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان آموزش..... ۶۴
- جدول ۷۲.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان کالا..... ۶۵
- جدول ۷۳.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان رستوران..... ۶۵
- جدول ۷۴.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان مرکزی..... ۶۶
- جدول ۷۵.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان مهندسی..... ۶۶
- جدول ۷۶.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان بانک و امور مالی..... ۶۶
- جدول ۷۷.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان امور مشترکین شرق..... ۶۷
- جدول ۷۸.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان آموزش..... ۶۷
- جدول ۷۹.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان کالا..... ۶۷
- جدول ۸۰.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان رستوران..... ۶۸
- جدول ۸۱.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان مرکزی..... ۶۸
- جدول ۸۲.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان مهندسی..... ۶۸

- جدول ۸۳.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان بانک و امورمالی ۶۹
- جدول ۸۴.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان امورمشترکین شرق ۶۹
- جدول ۸۵.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان آموزش ۶۹
- جدول ۸۶.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان کالا ۷۰
- جدول ۸۷.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان رستوران ۷۰
- جدول ۸۸.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان مرکزی ۷۰
- جدول ۸۹.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان مهندسی ۷۱
- جدول ۹۰.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان بانک و امورمالی ۷۱
- جدول ۹۱.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان امورمشترکین ۷۱
- جدول ۹۲.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان آموزش ۷۲
- جدول ۹۳.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان کالا ۷۲
- جدول ۹۴.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان رستوران ۷۲
- جدول ۹۵.۲: مجموعه علائم استفاده‌شده در رابطه (۲-۱۳) ۷۶
- جدول ۹۶.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان مرکزی ۷۶
- جدول ۹۷.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان مهندسی ۷۷
- جدول ۹۸.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان بانک ۷۷
- جدول ۹۹.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان امورمشترکین ۷۷
- جدول ۱۰۰.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان آموزش ۷۸
- جدول ۱۰۱.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان کالا ۷۸
- جدول ۱۰۲.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان رستوران ۷۸
- جدول ۱۰۳.۲: ضریب انتقال حرارت طرح و مرجع ساختمان ها ۷۹
- جدول ۱۰۴.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مرکزی (از خارج به داخل) ۸۰
- جدول ۱۰۵.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مرکزی (از داخل به خارج) ۸۱
- جدول ۱۰۶.۲: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل) ۸۲
- جدول ۱۰۷.۲: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج) ۸۳
- جدول ۱۰۸.۲: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل) ۸۵
- جدول ۱۰۹.۲: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج) ۸۶
- جدول ۲.۱۱۰: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل) ۸۷
- جدول ۲.۱۱۱: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج) ۸۸

جدول ۲.۱۱۲: مشخصات اجرایی دیوار(از خارج به داخل).....	۸۹
جدول ۲.۱۱۳: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان مرکزی.....	۹۰
جدول ۲.۱۱۴: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان مهندسی.....	۹۰
جدول ۲.۱۱۵: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان بانک.....	۹۱
جدول ۲.۱۱۶: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان امورمشترکین.....	۹۱
جدول ۲.۱۱۷: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان آموزش.....	۹۱
جدول ۲.۱۱۸: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان کالا.....	۹۲
جدول ۲.۱۱۹: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان رستوران.....	۹۲
جدول ۲.۱۲۰: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی.....	۹۳
جدول ۲.۱۲۱: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی اول ساختمان مرکزی.....	۹۵
جدول ۲.۱۲۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی دوم ساختمان مرکزی.....	۹۶
جدول ۲.۱۲۳: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی سوم ساختمان مرکزی.....	۹۷
جدول ۲.۱۲۴: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی.....	۹۸
جدول ۲.۱۲۵: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک.....	۱۰۰
جدول ۲.۱۲۶: بار حرارتی و برودتی ساختمان امورمشترکین.....	۱۰۳
جدول ۲.۱۲۷: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان آموزش.....	۱۰۳
جدول ۲.۱۲۸: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد انبار کالا و بهره برداری.....	۱۰۴
جدول ۲.۱۲۹: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان رستوران و تالار اجتماعات.....	۱۰۵
جدول ۱.۳: مشخصات دبی‌سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK- G1.6 - BK	
G6.....	۱۱۷
جدول ۲.۳: مشخصات دبی‌سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK- G10 - BK	
G25.....	۱۱۸
جدول ۳.۳: مشخصات دبی‌سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK- G40, BK	
G65, BK- G100.....	۱۱۹
جدول ۴.۳: مشخصات دبی‌سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری High Pressure-	
DM.....	۱۲۰
جدول ۵.۳: مشخصات فنی کنتورهای دیافراگمی G100/G25/G40/G65.....	۱۲۱
جدول ۶.۳: مشخصات فنی کنتورهای دیافراگمی G10/G16.....	۱۲۲
جدول ۷.۳: مشخصات فنی کنتور دیافراگمی G6 NP.....	۱۲۳

۱۲۴	جدول ۸.۳: مشخصات دبی‌سنج‌های دیافراگمی
۱۳۴	جدول ۹.۳: مشخصات فنی دبی‌سنج آلتراسونیک Psonic-1
۱۳۷	جدول ۱۰.۳: محدوده‌ی دبی برای دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 1200
۱۳۸	جدول ۱۱.۳: محدوده‌ی دبی برای دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600
۱۳۹	جدول ۱۲.۳: ابعاد صنعتی دبی‌سنج آلتراسونیک 600 و MPU 1200
۱۴۳	جدول ۱۳.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03 شرکت RMG
۱۴۴	جدول ۱۴.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03-TE/L شرکت RMG
۱۴۵	جدول ۱۵.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03 L شرکت RMG
۱۴۶	جدول ۱۶.۳: مشخصات سری Q و QIC شرکت Instromet
۱۴۷	جدول ۱۷.۳: مشخصات سری X-XIC شرکت Instromet
۱۵۱	جدول ۱۸.۳: سایر مشخصات سری iMTM-CT شرکت i-Meter
۱۵۲	جدول ۱۹.۳: مشخصات سائزهای مختلف سری iMTM-CT شرکت i-Meter
۱۵۳	جدول ۲۰.۳: محدوده دقت دبی‌سنج‌های شرکت توس و متک
۱۵۴	جدول ۲۱.۳: محصولات مختلف Turbine-Gas-Meter شرکت Bell
۱۵۵	جدول ۲۲.۳: محصولات مختلف GFT-Turbine-Gas-Meter شرکت Bell
۱۵۷	جدول ۲۳.۳: محصولات مختلف TXB-Digital-Turbine-Gas-Meter شرکت Bell
۱۵۹	جدول ۲۴.۳: مدل‌های مختلف Quantometer-Gas-Flow-Turbine-Meter
۱۷۷	جدول ۲۵.۳: کنتورهای متداول در صنایع گاز
۱۸۲	جدول ۲۶.۳: فاکتورهای مهم در انتخاب یک کنتور
۱۸۴	جدول ۲۷.۳: دسته‌بندی کنتورها بر اساس قابلیت استفاده برای اندازه‌گیری جریان گاز
۱۸۵	جدول ۲۸.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای اختلاف فشاری
۱۸۵	جدول ۲۹.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای اختلاف فشاری (ادامه)
۱۸۶	جدول ۳۰.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای جرمی
۱۸۶	جدول ۳۱.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای نوسانی
۱۸۷	جدول ۳۲.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای جابه‌جایی مثبت و توربینی
۱۸۷	جدول ۳۳.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای سطح متغیر و آلتراسونیک
۱۸۸	جدول ۳۴.۳: مشخصات سائزهای مختلف کنتورهای توربینی
۱۹۰	جدول ۳۵.۳: راهنمای جداول
۱۹۱	جدول ۳۶.۳: مشخصات کنتورهای گاز - قسمت اول

۱۹۲	جدول ۳۷.۳: مشخصات کتورهای گاز - قسمت دوم
۱۹۳	جدول ۳۸.۳: مشخصات کتورهای گاز. قسمت سوم
۱۹۴	جدول ۳۹.۳: مشخصات کتورهای گاز. قسمت چهارم
۱۹۵	جدول ۴۰.۳: مشخصات کتورهای گاز - قسمت پنجم
۱۹۶	جدول ۴۱.۳: مشخصات کتورهای گاز - قسمت ششم
۱۹۷	جدول ۴۲.۳: مشخصات کتورهای گاز - قسمت هفتم
۲۲۱	جدول ۱.۴: مقادیر مقاومت طولی و تماسی گره‌ها
۲۳۰	جدول ۲.۴: اطلاعات مربوط به خط لوله مورد حفاظت
۲۳۲	جدول ۳.۴: مقاومت‌های متناظر با شیب نمودار پلاریزاسیون
۲۴۴	جدول ۱.۵: اطلاعات ورودی به نرم‌افزار (ماخ خروجی کمتر از یک)
۲۴۵	جدول ۲.۵: نتایج نرم‌افزار در مقایسه با نتایج موجود [۱] (ماخ خروجی کمتر از یک)
۲۴۵	جدول ۳.۵: اطلاعات ورودی به نرم‌افزار (ماخ خروجی برابر با یک)
۲۴۵	جدول ۴.۵: نتایج نرم‌افزار در مقایسه با نتایج موجود [۱] (ماخ خروجی برابر با یک)
۳۲۸	جدول ۱.۸: ویژگی‌های مدل 5MW40 شرکت وستوارد

۱ مقدمه

در این گزارش عمده فعالیت‌های انجام‌شده توسط دفتر پژوهش گاز در سال ۱۳۸۸ تشریح شده‌است. سرفصل‌های انجام‌شده در سال عبارت از موارد ذیل می‌باشند.

- بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان

با توجه به اهمیت بحث بهینه‌سازی مصرف انرژی، یکی از سرفصل‌های اصلی در سال ۱۳۸۸ بررسی میزان مصرف ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان و ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری این شرکت بوده که گزارش مجموعه فعالیت‌ها و دستاوردهای این پژوهش در بخش اول این گزارش ارائه شده‌است.

- تدوین راهنمای کاربردی نرم‌افزار انتخاب کنتور

پس از تکمیل نرم‌افزار مذکور در سال ۱۳۸۷، گزارش فنی مربوط به نحوه کارکرد نرم‌افزار و مراجع استفاده‌شده در نگارش آن همراه با راهنمای استفاده برای کاربران در این سال تدوین شده‌است.

- بررسی روش‌های عددی مدل‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک

در ادامه فعالیت‌های پیشین، روش جدیدی در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک خطوط لوله معرفی شده و قابلیت‌های این روش در مقایسه با روش قبلی مورد استفاده دفتر پژوهش (روش المان مرزی) مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌است.

- تدوین نرم‌افزار تخمین میزان هدر رفت گاز

با افزایش ساخت و سازهای شهری، احتمال صدمه دیدن لوله‌های گاز که در سطوح شهرها گسترده‌شده‌اند روز به روز بیشتر می‌شود. آمار بالای شکستن و صدمه دیدن خطوط لوله در

حین کار توسط ماشین‌آلات و در نتیجه آن تصاعد گاز به محیط اطراف، وجود معیاری جهت اندازه‌گیری مقدار گاز نشت شده به محیط اطراف را اجتناب ناپذیر می‌نماید. در این راستا نیز به کمک یک سری فرضیات اولیه نرم‌افزاری تدوین شده که میزات هدر رفت گاز را ارائه می‌نماید.

- شرکت در کنفرانس‌ها و سمینارهای داخلی و خارجی و مقالات ارائه شده

در این بخش نیز خلاصه‌ای از مقالات ارائه شده‌ی دفتر پژوهش در سمینارها و کنفرانس‌های داخلی و بین‌المللی ارائه شده‌است.

- هفته پژوهش

در این فصل نیز فعالیت‌های انجام شده در هفته پژوهش که شامل برگزاری غرفه دفتر پژوهش و ارائه‌ی سمینارهای مرتبط با گاز در این هفته می‌باشد، ارائه شده‌است.

- سایر فعالیت‌ها

در این فصل نیز به آن دسته از فعالیت‌های دفتر که بر حسب مورد و نیاز اعلام شده از طرف شرکت گاز، انجام شده‌اند، اشاره شده‌است. این فعالیت‌ها شامل موارد ذیل می‌شوند.

- روش‌های عددی شبیه‌سازی جریان درون کنتورهای گاز توربینی
- معرفی آچارهای با قابلیت تنظیم

۲ ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان

نقش و اهمیت انرژی در دنیای کنونی برکسی پوشیده نیست و این موضوع به یکی از عوامل بسیار مؤثر در فرآیند رشد و توسعه کشورها تبدیل گشته است. از طرفی دیگر عوامل بسیاری همچون بحران کمبود انرژی در جهان و محدودیت منابع انرژی به دلیل تجدیدناپذیر بودن آن، استفاده از انرژی‌های فسیلی که باعث افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود، بالابودن رشد جمعیت و نیاز به تقاضای بیشتر انرژی، رشد بالای مصرف انرژی به دلیل الگوی ناصحیح مصرف انرژی و اتلاف آن، عدم وجود سیستم بازیافت انرژی، وجود صنایع و کارخانجات فرسوده، متکی بودن اقتصاد کشورهای دارای منابع انرژی به درآمدهای نفتی و هزینه‌های بالای انرژی در چرخه تولید و بار منفی آن بر اقتصاد جهان، دست‌اندرکاران و سیاستگذاران بخش انرژی را بر آن داشته است تا چاره‌ای جهت رویارویی با چالش‌های فوق بیان‌نمایند.

با توجه به مطالب فوق و اهمیت روز افزون بحث ممیزی انرژی، یکی از سرفصل‌های کاری دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان در این باب تعریف شد. در این راستا بحث ممیزی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان از طرف شرکت به دفتر پژوهش ارجاع گردید. ساختمان‌های مورد نظر مشتمل بر ساختمان‌های اداره مرکزی، ساختمان مهندسی، ساختمان بانک و امور مالی و ساختمان امور مشترکین شرق می‌باشند.

در این راستا پس از تبیین اهمیت صرفه‌جویی در انرژی و راهکارهای اعمال آن، با توجه به نیاز تعیین بارهای حرارتی و برودتی ساختمان‌ها، کلیه اطلاعات لازم مشتمل بر اطلاعات اقلیمی، جزئیات ساختمان‌ها، کاربری، تعداد پرسنل، روشنایی، تجهیزات گرمازا و دیگر موارد جمع‌آوری گردید. به کمک این اطلاعات بارهای حرارتی و برودتی ساختمان‌ها توسط نرم‌افزار Carrier محاسبه شده‌است. در ادامه کلیه راهکارهای موجود جهت کاهش مصرف ساختمان‌ها معرفی شده‌است.

همچنین در این فصل تاثیر برخی از این راه‌کارها بر کاهش مصرف محاسبه و ارائه گردیده‌است. علاوه بر این هزینه‌ی اجرای هر یک از راه‌کارها نیز محاسبه شده‌است. پس از معرفی راه‌کارهای صرفه‌جویی با توجه به اینکه عملاً اجرای تمامی آنها به‌صرفه نیست، حالت استاندارد به کمک مقررات موجود در مبحث ۱۹ برای ساختمان‌ها تعریف شده و راه‌کارهای لازم‌الاجرا معرفی شده‌است. این راه‌کارها با توجه به صرفه‌اقتصادی و میزان تاثیر بر کاهش مصرف انتخاب شده‌اند. پس از تعیین حالت استاندارد ساختمان‌ها مجدداً بارهای حرارتی و برودتی ساختمان‌ها محاسبه شده که نتایج آن ارائه گردیده‌است. شایان ذکر است بخشی از نتایج محاسبه شده توسط نرم‌افزار در حالت جاری و استاندارد ساختمان در پیوست ارائه شده و جزئیات کامل به‌همراه یک لوح فشرده به این گزارش ضمیمه شده‌است.

۱.۲ بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها

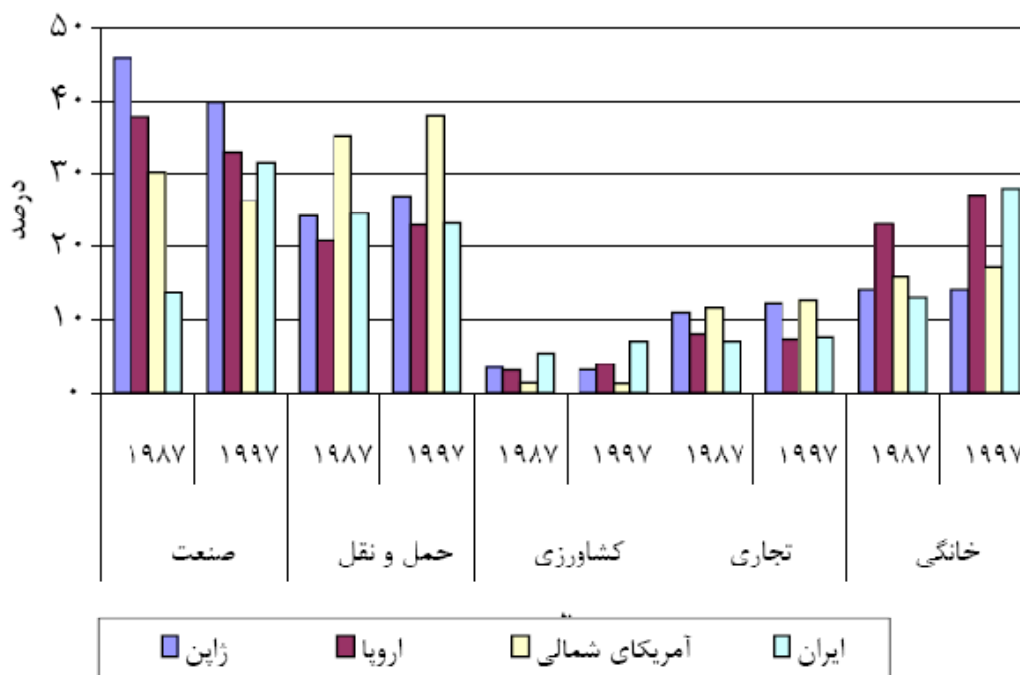
بهینه‌سازی انرژی یکی از ابزارهای اصلی و مؤثر جهت دستیابی به توسعه پایدار در سراسر جهان محسوب می‌گردد. منظور از بهینه‌سازی انرژی، انتخاب الگوی صحیح و ایجاد و به‌کارگیری روش‌ها و سیاست‌های درست در تولید و مصرف انرژی است که علاوه بر اینکه متضمن استمرار رشد اقتصادی می‌باشند، موجب کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش اثرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح از انرژی بر محیط زیست و جامعه می‌گردند [۱].

کاهش وابستگی به انرژی وارداتی، کاهش هزینه‌های تولید و مصرف انرژی، کاهش نیاز به پرداخت یارانه‌های انرژی، حفظ و بقاء منابع ارزشمند انرژی برای نسل‌های آینده، فراهم‌نمودن زمینه‌های بهتر برای رقابت صنایع در بازارهای بین‌المللی و ارتقاء سطح رفاهی مصرف‌کنندگان خدمات انرژی همه از مزایای بهینه‌سازی انرژی محسوب می‌گردند [۱].

راه‌کارهای اجرایی بهبود و ارتقاء کارایی انرژی را می‌توان در سه بخش راهکارهای فوری، راه‌کارهای میان‌مدت و بلندمدت جمع‌بندی نمود [۲]. ارائه راه‌کارهای اجرایی در قالب استانداردهای مدون به تولید و مصرف‌کنندگان بخش انرژی می‌تواند یکی از کارآمدترین و ساده‌ترین راهکارها جهت انتخاب الگوی صحیح و گام گذاشتن در مسیر بهینه‌سازی انرژی باشد. آموزش و آگاه‌سازی، استفاده از سیاست‌های حمایتی و ترغیبی و برخی ابزارهای انگیزشی - بازدارنده از دیگر راهکارهایی هستند که ارائه و ترویج آنها توسط دولت بسیار ضروری می‌باشد. همچنان که در سال‌های اخیر، فعالیت‌های مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی ایران توجه شایانی را به خود معطوف نموده که از آن میان می‌توان به تدوین استانداردها و معیارها، توسعه فن‌آوری‌های صرفه‌جویی انرژی و تحقیق، توسعه، آموزش و اطلاع‌رسانی در اکثر بخش‌های اقتصادی کشور اشاره

نمود. در ادامه نمونه‌هایی از این راه‌کارها در بخش ساختمان معرفی می‌شوند. بدیهی است معرفی تفصیلی هراکار و چگونگی اجرای آن نیاز به حوصله بیشتری دارد [۱].

مقایسه سهم مصارف انرژی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی در برخی از کشورها در شکل ۱.۲ آورده شده است [۳].



شکل ۱.۲: مقایسه سهم مصارف انرژی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی در برخی از کشورها

۱.۱.۲ راه‌کارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها

تاکنون اقدامات مفیدی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور به ثمر رسیده است. تدوین استانداردها و معیارهای برچسب مصرف انرژی، ایجاد و توسعه آزمایشگاه ملی صرفه‌جویی انرژی، بهینه‌سازی انرژی و مدیریت بار در صنایع، ممیزی انرژی در ساختمان‌ها، تهیه نرم‌افزارهای مشاور بهینه‌سازی و فعالیت‌های آموزشی و آگاه‌سازی از جمله این اقدامات بوده است. اما علیرغم موارد به انجام رسیده، همچنان پتانسیل‌های بسیار گسترده‌ای برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور وجود دارد، که در صورت بکارگیری راه‌کارهای مناسب، نتایجی همچون کاهش سطح تقاضای انرژی و محدود شدن نرخ رشد رو به افزایش ظرفیت‌سازی نیروگاهی، بهبود الگوی تولید، مصرف و بهبود ضریب استفاده از سیستم موجود و آزادسازی ظرفیت‌های عرضه برای حضور فعال‌تر در بازارهای بین‌المللی انرژی را به دنبال خواهد داشت [۴]. بدین ترتیب سهم بالای مصرف انرژی در بخش ساختمان، اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌ریزی بلندمدت جهت کاهش مصرف انرژی در این بخش را ضروری می‌سازد.

مهمترین هدف طرح بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان، پیگیری و اجرای مبحث مقررات ملی در ساختمان‌های موجود و در دست احداث می‌باشد. این طرح برای ساختمان‌های نوساز از طریق همکاری با وزارت مسکن، شهرداری‌های کشور و کارگروه‌های بهینه‌سازی شرکت‌های مختلف پیگیری می‌گردد و در ساختمان‌های موجود با ارائه تسهیلات و یارانه‌ها، ممیزی انرژی و ارائه راهکارهای بهینه‌سازی به اجرا درمی‌آید. جدول ۱.۲ الی جدول ۳.۲ میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های ممیزی شده توسط وزارت نیرو را نشان می‌دهند [۱].

جدول ۱.۲: ممیزی انرژی در ساختمان‌های مورد مطالعه به همراه بهبود شاخص مصرف سوخت [۱]

شرح	زیربنای مفید (مترمربع)	مصرف قبل از اقدامات بهینه‌سازی		پیش‌بینی مصرف بعد از اقدامات بهینه‌سازی	
		کل (کیگاژول)	در واحد سطح (مگاژول بر مترمربع)	کل (کیگاژول)	در واحد سطح (مگاژول بر مترمربع)
بیمارستان ۶۰۰ تختخوابی - تهران	۳۸۶۰۱	۱۱۵۸۰۳	۳۰۰۰	۶۹۴۸۱/۸	۱۸۰۰
بیمارستان ۴۰۰ تختخوابی - تهران	۳۳۶۲۱	۶۸۸۸۹/۴	۲۰۴۹	۳۵۱۶۷/۵	۱۰۴۶
هتل ۵ طبقه - ۶۰ اتاق - تهران	۳۷۸۱	۳۷۸۱	۱۰۰۰	۲۰۷۹/۶	۵۵۰
ساختمان اداری - ۱۳ طبقه - تهران	۹۲۳۰	۱۱۰۷۶	۱۲۰۰	۵۰۷۶/۵	۵۵۰
ساختمان اداری - فارس	۶۹۶۰	۳۷۵۳/۹	۵۳۹/۳	۳۷۲۱/۵	۵۳۴/۷
ساختمان اداری - آذربایجان شرقی	۷۵۳۶	۷۵۳۲/۸	۹۹۹/۵	۴۸۲۱	۶۳۹/۷
ساختمان اداری - خراسان	۶۰۰۰	۵۱۰۹/۲	۸۵۱/۵	۳۳۱۰/۷	۵۵۱/۸
۱۴ مجتمع آپارتمانی - ۱۲ طبقه - تهران	۵۰۴۰۰	۷۰۵۶۰	۱۴۰۰	۴۰۳۲۰	۸۰۰
ساختمان مسکونی - ۴ طبقه - تهران	۱۵۶۸	۲۳۵۲	۱۵۰۰	۸۶۲/۴	۵۵۰
۲۰ نمونه ساختمان مسکونی - تهران	۱۵۹۷۹	۱۷۵۸۹/۱	۱۱۰۱	۸۱۵۱/۰	۵۱۰
مجتمع آموزشی - تهران	۲۸۵۸۲	۳۰۵۲۶	۱۰۶۸	۱۹۲۳۵/۷	۶۷۳
ساختمان مخابرات منطقه ۶ - تهران	۱۹۵۰	۱۰۰۴	۵۱۴/۷	۵۸۲	۲۹۸/۵
ساختمان مرکز تلفن شیخ بهایی - تهران	۳۲۱۷	۱۴۳۷	۴۴۶/۷	۸۱۱	۲۵۲/۱
ساختمان نکر حساسی برق منطقه‌ای اصفهان	۸۴۰۰	۴۶۰۵	۵۴۸/۳	۲۰۷۲	۲۴۶/۷
ساختمان اداری برق منطقه‌ای خوزستان - اهواز	۴۷۰۰	-	-	-	-
ساختمان برق منطقه‌ای باختر - استان مرکزی	۷۵۰۰	۹۲۲۷	۱۲۳۰	۲۷۸۷	۳۷۲

جدول ۲.۲: ممیزی انرژی در ساختمان‌های مورد مطالعه به همراه بهبود شاخص مصرف برق [۱]

شرح	مفید (مترمربع)	مصرف قبل از اقدامات بهینه‌سازی		پیش‌بینی مصرف بعد از اقدامات بهینه‌سازی	
		کل (مگاواتساعت)	در واحد سطح (کیلوواتساعت بر مترمربع)	کل (مگاواتساعت)	در واحد سطح (کیلوواتساعت بر مترمربع)
بیمارستان ۶۰۰ تختخوابی - تهران	۳۸۶۰۱	۵۰۱۸/۱	۱۳۰	۳۸۶۰/۱	۱۰۰
بیمارستان ۴۰۰ تختخوابی - تهران	۳۳۶۲۱	۳۷۳۱/۹	۱۱۱	۳۰۸۹/۱	۹۲
هتل ۵ طبقه - ۶۰ اتاق - تهران	۳۷۸۱	۲۲۶/۹	۶۰	۱۸۱/۵	۴۸
ساختمان اداری - ۱۳ طبقه - تهران	۹۲۳۰	۱۰۱۵/۳	۱۱۰	۵۵۳/۸	۶۰
ساختمان اداری - فارس	۶۹۶۰	۸۲۶/۳	۱۱۸/۷	۴۲۵/۷	۶۱/۱
ساختمان اداری - آذربایجان شرقی	۷۵۳۶	۵۴۰/۴	۷۱/۷	۲۵۲/۹	۳۳/۵
ساختمان اداری - خراسان	۶۰۰۰	۵۳۴/۶	۸۹/۱	۲۶۹/۴	۴۴/۹
۱۴ مجتمع آپارتمانی - ۱۲ طبقه - تهران	۵۰۴۰۰	۱۰۰۸	۲۰	۷۵۶	۱۵
ساختمان مسکونی - ۴ طبقه - تهران	۱۵۶۸	۹۴/۸	۶۰	۷۰/۶	۴۵
۲۰ نمونه ساختمان مسکونی - تهران	۱۵۹۷۹	۴۷۶/۲	۲۹/۸	۳۶۷/۸	۲۴/۳
مجتمع آموزشی	۲۸۵۸۲	۴۱۶۹/۳	۱۴۶	۳۲۶۸/۰	۱۱۴
ساختمان مخابرات منطقه ۶ - تهران	۱۹۵۰	۱۹۵/۳	۱۰۰/۱	۸۳/۵	۴۲/۸
ساختمان مرکز تلفن شیخ بهایی - تهران	۳۲۱۷	۱۴۲۵	۴۴۲/۹	۱۱۴۷	۲۵۶/۵
ساختمان دکتر حسابی برق منطقه‌ای اصفهان	۸۴۰۰	۱۸۰۹	۲۱۵/۳	۵۶۹	۶۷/۷
ساختمان اداری برق منطقه‌ای خوزستان - اهواز	۴۷۰۰	۱۲۳۵	۲۶۲/۷	۳۳۱	۷۰/۴
ساختمان برق منطقه‌ای باختر - استان مرکزی	۷۵۰۰	۱۳۵۵/۵	۱۸۰/۷	۸۵۰	۱۳/۳

جدول ۳.۲: مقادیر مصرف سالیانه انرژی در ساختمان‌های نمونه ممیزی شده [۱]

شرح	قبل از اقدامات		پیش‌بینی بعد از اقدامات		پتانسیل صرفه‌جویی انرژی (بشکته معادل نفت خام) (درصد)
	(کیگاژول) (مترمربع)	(مگاژول بر (کیگاژول))	(کیگاژول) (مترمربع)	(مگاژول بر (کیگاژول))	
بیمارستان ۶۰۰ تختخوابی - تهران	۱۶۹۹۹۹	۴۴۰۴	۱۱۱۱۷۱	۲۸۸۰	۹۶۱۲
بیمارستان ۴۰۰ تختخوابی - تهران	۱۰۹۲۱۶	۳۲۴۸	۶۸۵۳۰	۲۰۳۸	۶۶۴۸
هتل ۵ طبقه - ۶۰ اتاق - تهران	۶۲۳۱/۵	۱۶۴۸	۴۰۲۰	۱۰۶۸	۳۵۸
ساختمان اداری - ۱۳ طبقه - تهران	۲۲۰۳۱	۲۲۸۸	۱۱۰۵۷	۱۱۹۸	۱۱۹۲
ساختمان اداری - فارس	۱۲۶۷۸	۱۸۲۱/۵	۸۳۱۹	۱۱۹۵/۲	۷۱۲/۲
ساختمان اداری - آذربایجان شرقی	۱۳۳۶۹/۱	۱۷۷۴	۷۵۵۲/۳	۱۰۰۲/۱	۹۵۰/۴
ساختمان اداری - خراسان	۱۰۸۴۲/۸	۱۸۰۷/۱	۶۲۲۰/۲	۱۰۳۶/۷	۷۵۵
۱۴ مجتمع آپارتمانی - ۱۲ طبقه - تهران	۸۱۴۴۷	۱۶۱۶	۴۸۴۸۵	۹۶۲	۵۲۸۶
ساختمان مسکونی - ۴ طبقه - تهران	۳۳۷۶	۲۱۵۳	۱۶۲۴	۱۰۳۶	۲۸۶
۲۰ نمونه ساختمان مسکونی - تهران	۲۲۶۳۸	۱۴۱۷	۱۲۱۲۳	۷۵۹	۱۷۱۸
مجتمع آموزشی	۷۵۵۹۴	۲۶۴۵	۵۴۴۲۶	۱۹۰۴	۳۴۵۹
ساختمان مخابرات منطقه ۶ - تهران	۳۱۱۲/۸	۱۵۹۶/۳	۱۴۸۳/۳	۷۶۰/۷	۱۸/۵
ساختمان مرکز تلفن شیخ بهایی - تهران	۱۶۸۲۵	۵۲۳۰/۲	۱۶۱۹۹	۵۰۳۵/۴	۱۰۲/۳
ساختمان دکتر حسابی برق منطقه‌ای اصفهان	۲۴۱۴۲	۲۸۷۴	۸۲۱۷	۹۷۸/۲	۲۶۰/۱۰
ساختمان اداری برق منطقه‌ای خوزستان - اهواز	۱۳۳۳۸	۲۸۳۷	۳۵۷۵	۷۶۰/۳	۱۵۹۵
ساختمان برق منطقه‌ای باختر - استان مرکزی	۲۳۸۶۶	۳۱۸۲/۲	۱۱۹۶۷	۱۵۹۵	۱۹۴۵
جمع	۶۰۸۷۱۶	-	۳۷۴۹۸۸/۸	-	۳۷۹۴۰/۴

* رقم تاجیز است.

قوانین ساختمان

مقررات ملی ساختمان دارای اصول مشترک و یکسان لازم‌الاجرا در سراسر کشور است و بر هرگونه عملیات ساختمانی نظیر تخریب، احداث بنا، تغییر در کاربری بنای موجود، توسعه بنا، تغییر اساسی و تقویت بنا حاکم می‌باشد. مطابق قانون نظام مهندسی کشور مسئولیت نظارت عالیه بر اجرای ضوابط و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای تمامی ساختمان‌ها بر عهده وزارت مسکن و شهرسازی است. مبحث ۱۹ از بیست مبحث مطروحه از سوی وزارت مسکن مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. در سال ۱۳۸۴ اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای تمامی ساختمان‌های دولتی اجباری شد. همچنین اجرای آن برای تمامی ساختمان‌های بخش خصوصی واقع در تهران و شهرهای تابعه از همین سال اجباری گردیده و برای ساختمان‌های واقع در سایر شهرها و استان‌ها مطابق برنامه زمان‌بندی خاصی الزامی می‌باشد و برای کلیه ساختمان‌های خصوصی براساس گروه‌بندی استانها (جدول ۴.۲) از نظر میزان مصرف انرژی مورد نیاز به شرح زیر در سال ۱۳۸۵ الزامی گردیده است [۱]:

- ساختمان‌های بالای ۶۰۰ مترمربع: تمامی شهرستان‌های استان‌های گروه ب، مراکز شهرستان استان‌های گروه ج، مراکز استان‌های گروه ج.
- ساختمان‌های بالای ۲۰۰ مترمربع: تمامی شهرهای شهرستان‌های گروه الف، مراکز شهرستان استان‌های گروه ب، مراکز استان‌ها.
- ساختمان‌های بالای ۱۰۰ مترمربع: مراکز شهرستان گروه الف، مراکز استان‌های گروه ب.
- تمامی ساختمان‌ها: مراکز استان گروه الف.

جدول ۴.۲: گروه‌بندی استان‌ها از نظر میزان مصرف انرژی مورد نیاز [۱]

گروه	نیاز به انرژی	نام استان‌ها
الف	زیاد	هرمزگان، بوشهر، آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، اردبیل، آذربایجان غربی، همدان، خوزستان و زنجان
ب	متوسط	اصفهان، سمنان، کردستان، قزوین، کرمان، کرمانشاه، مرکزی، فارس، ایلام، خراسان شمالی، خراسان جنوبی و خراسان رضوی
ج	کم	لرستان، گیلان، قزوین، گلستان، مازندران، سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویراحمد و یزد

استانداردهای ساختمان

دولت به منظور اعمال صرفه‌جویی، منطقی کردن مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست در بخش ساختمان، اقداماتی در خصوص تهیه و تدوین معیارها و مشخصات فنی مرتبط با انرژی انجام داده‌است. به طریقی که کلیه مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و واردکنندگان این تجهیزات، فرآیندها و

سیستم‌ها ملزم به رعایت این مشخصات و معیارها باشند. معیارهای مذکور توسط کمیته‌ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، وزارت نفت، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارتخانه ذیربط تدوین می‌گردد و سپس هیأت وزیران نحوه تصویب این معیارها را تعیین خواهد نمود [۱].

اقدامات وزارت نفت: وزارت نفت نیز اقدامات مؤثری در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان انجام داده‌است. عمده‌ترین فعالیت‌های این وزارتخانه تا پایان سال ۱۳۸۵ به شرح زیر می‌باشد که برخی از آنها خاتمه یافته و برخی در دست اجرا می‌باشند [۱]:

- تدوین استاندارد شیشه‌های دو یا چند جداره
- تدوین استاندارد مربوط به انواع بتن سبک و کاربرد آنها در ساختمان به منظور کاهش اتلاف انرژی
- اجرای روش استاندارد اندازه‌گیری عملکرد انرژی ساختمان
- بررسی تأثیر عایق‌کاری بر بار حرارتی و برودتی ساختمان
- تدوین چک لیست تعمیر و نگهداری تجهیزات و تأسیسات ساختمان
- تهیه دستورالعمل طراحی و اجرای پوسته خارجی ساختمان در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- شناسایی پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف سوخت در بخش خانگی برای مصالح ساختمانی مورد استفاده در واحدهای مسکونی و تدوین اولویت سرمایه‌گذاری در این بخش
- بررسی و امکان‌سنجی استفاده از پنجره‌ها و شیشه‌هایی با تکنولوژی جدید در ایران
- ساخت نرم‌افزار شبیه‌ساز مصرف انرژی در ساختمان و رتبه‌بندی و تطبیق آن با مبحث ۱۹
- طراحی نرم‌افزار جامع فارسی بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی
- نگهداری و کنترل سیستم نصب‌شده در بیمارستان نفت
- اقدامات بهینه‌سازی در ساختمان‌های در حال احداث وزارت بهداشت
- انجام اقدامات بهینه‌سازی در مدارس در حال ساخت

جدول ۵.۲: میزان یارانه پرداختی به طرح‌های ساختمانی با حمایت وزارت نفت تا آبان ماه سال [۱]

(میلیون ریال)

شرح	سقف درخواست یارانه	یارانه دریافتی
کمک به ایجاد خط تولید شیشه و درب و پنجره شیشه دو جداره	۴۵۹۷/۲	۳۸۷۴/۷
شیشه دو جداره و قابهای چوبی	۱۴۷۳/۵	۳۰۰/۰
درب و پنجره آهنی دو جداره PVC	۴۳۷/۱	۳۱۱/۰
شیشه پنجره و درب آلومینیوم رنگی عایق بندی شده	۱۸۶۰/۰	۱۸۶۰/۰
تولید سالیانه ۲۰۰۰۰ مترمربع شیشه دو جداره و قابهای UPVC	۱۵۲/۶	۱۵۴/۶
شیشه دو جداره و درب و پنجره‌های UPVC و انواع پروفیل‌های درب و پنجره	۷۵۸۰/۰	۲۵۴۸/۰
شیشه دو جداره و درب و پنجره‌های UPVC قابهای UPVC	۲۵۰۲/۰	۲۵۰۲/۰
درب و پنجره	۱۰۴۵/۳	۶۵۸/۸
درب و پنجره‌های دو جداره نرمال بریک	۱۱۳۴/۰	۱۱۳۴/۰
کمک به ایجاد خط تولید عایق‌های ساختمانی	۴۵۵/۰	۴۵۵/۰
عایق حرارتی ساختمان و مسکن با پایه معدنی ورمیکولیت	۴۵۶۵/۹	۴۵۶۵/۹
کمک به توسعه و ترمیم خط تولید ۴۰۰ تن عایق‌های حرارتی پشم شیشه	۲۶۴/۰	۲۶۴/۰
خط تولید پلاستوفوم	۷۱۶۴/۲	۴۲۹۸/۵
عایق حرارتی پشم شیشه جهت عایقکاری دیوارها	۴۹۸/۵	۳۰۴/۵
عایق‌های تخت‌های از پشم سر باره آهن		
کمک به ایجاد و توسعه قطعات پیش ساخته	۲۹۱/۲	۳۹۱/۲
ایجاد خط تولید پانل پیش ساخته از EPS		
سایر کمک‌ها	۴۶۰/۲	۴۶۰/۲
توسعه خط تولید بتن سبک شده	۲۵۹۱/۰	۱۷۲۷/۷
ایجاد خط تولید شیرهای ترموستات دار	۳۸۵۷۹/۷	۲۷۲۱۶/۱
جمع		

استاندارد مشخص برای مصالح ساختمانی

با توجه به نبود استاندارد مشخصی برای مصالح ساختمانی و با توجه به اهمیت مصالح در جهت کاهش مصرف انرژی که به طور مستقیم با اتلافات حرارتی و برودتی ساختمان‌ها ارتباط دارند لزوم استانداردسازی در مصالح و اجزاء ساختمانی یکی از کارهای مهم و یکی از روش‌های اساسی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. با توجه به تجربه کشورهای پیشرفته جهان لزوم استانداردسازی اجزاء و مصالح یکی از ارکان و اهداف اصلی در جهت کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان می‌باشد. میزان اتلافات انرژی در این بخش حدوداً ۲۵٪ درصد برآورد می‌گردد که این در بخش ساختمان‌های کشور پتانسل زیادی محسوب می‌گردد. هزینه اجرای طرح استانداردسازی مصالح بالغ بر ۳۰۰ میلیارد ریال برآورد می‌گردد و مدت اجرای آن ۳ سال می‌باشد [۴].

انرژی در تاسیسات و تجهیزات ساختمانی

به منظور ارتقاء استفاده بهینه انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری می‌توان به فن‌آوری‌های جدید رو آورد و در این رابطه از بکارگیری روش‌های صحیح مهندسی ساختمان بهره برد. بهترین شیوه ارتقاء بازده انرژی در ساختمان‌ها و منازل مسکونی جلوگیری از جریان هوا و عایق‌بندی درها و پنجره‌ها و استفاده از ترموستات‌های جدید در شوفاژ، ایجاد سقف کاذب و عایق‌بندی ساختمان

می‌باشد. این اقدامات به تنهایی موجب کاهش ۴۰ درصد از هزینه‌های مرتبط با سرمایش و گرمایش ساختمان می‌گردند. بعبارتی با استفاده از لوازم خانگی کم‌مصرف و یا ایجاد تغییرات اساسی در معماری ساختمان می‌توان به کاهش مصرف و صرفه‌جویی در هزینه‌ها رسید. در استان‌هایی که دارای لوله‌کشی گاز طبیعی می‌باشند می‌توان با نصب مشعل گازسوز جدید در تاسیسات گرمایشی ساختمان سالیانه حدود ۲۰٪ در مصرف گاز طبیعی نیز صرفه‌جویی نمود. امکان صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های نوساز بسیار زیاد بوده و می‌توان در این راستا با بکارگیری طرح‌های مناسب علاوه بر فراهم نمودن آسایش بیشتر شهروندان بازده انرژی ساختمان را نیز افزایش داد و حدود ۵۰٪ از هزینه‌های گرمایشی و سرمایشی را کاهش داد. در ساختمان‌های تجاری بهترین روش جهت افزایش بازده انرژی جایگزین نمودن و بهینه‌سازی سیستم‌های روشنایی با استفاده از لامپ‌های کم مصرف بوده و می‌توان از روشن ماندن این‌گونه چراغ‌ها و تجهیزات در طول شبانه روز به شیوه علمی ممانعت بعمل آورد [۵].

در منازل مسکونی لازم است سیستم‌های تهویه مطبوع، طراحی ساختمان، تجهیزات و لوازم خانگی امکان صرفه‌جویی فراوانی را در مصرف انرژی مهیا نمایند. زیرا خانواده‌ها هزینه انرژی مصرفی تجهیزاتی را که سهم بیشتری در میزان مصرف انرژی دارند پرداخت می‌نمایند. در پاره‌ای از موارد نیز این‌گونه مصرف‌کنندگان از اعتبار ادعای تولیدکنندگان لوازم خانگی در زمینه با صرفه‌بودن تولیدات آنها از نظر مصرف انرژی اطلاعی نداشته و در صورت داشتن این اطلاعات موجب رکود مازاد و در نتیجه عدم خرید این‌گونه کالاها می‌شود. لذا در صورتیکه در ساخت تجهیزات خانگی از فن‌آوری‌های جدید استفاده شده باشد می‌تواند در خرید کالاهائی که با مصرف پائین مواجه می‌باشند به خانواده‌ها و اصناف در جهت کاهش هزینه‌های انرژی یاری نمایند. معمولاً محصولات و تجهیزات خانگی که از بازده انرژی بالایی برخوردار می‌باشند گران‌تر از سایر لوازم بوده و در دسترس عموم قرار ندارند. از طرفی سازندگان واحدهای مسکونی نیز تمایل داشته که در آینده با آموزش‌هایی که از طریق سازمان‌های ذیربط چه اداره مسکن و شهرسازی، اداره صنایع، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی، سازمان بهینه‌سازی، شهرداری‌ها و سایر ارگانهای ذی‌صلاح ارائه می‌نمایند منازل بهتری از نظر بازده انرژی بسازند. بنابراین سازندگان مسکن جهت پائین نگه‌داشتن هزینه‌ها کمتر به استفاده از لوازم و تجهیزات درجه یک و بسیار پیشرفته تمایل داشته و از سوی دیگر لوازم ارزان و کم بازده نیز بعلاوه سفارش بالای تولید در حجم زیاد تولید و انبارشده و تخفیف زیادی داشته لذا از این رو سازندگان اینگونه کالاها نیز برای پائین نگهداشتن هزینه ساخت، ارزان‌ترین مواد و لوازم را انتخاب می‌نمایند و الزاماً از بازده انرژی بالایی برخوردار نمی‌باشند. از طرفی مردم و بویژه کارکنان دولت در هنگام ترک محل کار و یا منزل خود چراغ‌ها و سیستم‌های تهویه مطبوع خویش را خاموش

نمی‌نمایند و اصولاً خاموش‌نمودن لوازم خانگی، الکترونیکی و چراغ‌ها همیشه به‌آسانی صورت نمی‌گیرد. فقدان یک سیستم خودکار به این معناست که صرفه‌جویی به میزان قابل توجهی به خاموش نمودن لوازم برقی توسط افراد بستگی دارد. بعضی از دستگاه‌های برقی مانند رادیو و ضبط صوت، ویدئو، تلویزیون حتی پس از خاموش‌نمودن نیز برق مصرف می‌نمایند. معهذاً همانطور که در بالا مطرح شد لوازم پربازده در مقایسه با لوازم کم بازده از قیمت اولیه بیشتری برخوردار بوده بویژه اینکه در زمانی که برای اولین بار به بازار می‌آیند در صورتیکه مصرف‌کنندگان نتوانند از مزایای صرفه‌جویی برق ناشی از مصرف این لوازم آگاهی یابند تمایل چندانی به خرید این‌گونه تجهیزات نشان نمی‌دهند. اصنافی که از برنامه نصب برچسب انرژی تبعیت می‌نمایند از موفقیت بیشتری در فروش لوازمی با بازده بیشتر و در عین حال قیمت اولیه بالاتر برخوردار هستند و هزینه‌های بالاتر را متحمل شده و می‌توانند مشکلات ویژه‌ای برای خریداران یا سازندگان ساختمانهای مسکونی و یا اداری ایجاد نمایند. بهر حال استفاده هوشمندانه از انرژی، ارتقاء سطح حفاظت از منابع موجود در کشور و افزایش راندمان انرژی را در بر خواهد داشت. در این زمینه لازمست به تدابیر صحیح در امر صرفه‌جویی رو آورد. بعبارتی باید به کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری، مدارس، دانشگاه‌ها، فروشگاه‌ها، بیمارستان‌ها و منازل مسکونی توجه نمود و در جهت ساخت محصولات و لوازم کم مصرف و تقویت برنامه‌های آموزشی همگانی توسط وزارت نفت، نیرو و سایر سازمان‌های ذیربط عنایت نمود و پرداخت. بنابراین با این روند ضروری است که وزارت خانه‌های مربوطه در جهت ارتقاء سطح بازده انرژی بویژه در بحث لوازم خانگی اقدام نمایند. در حقیقت حمایت از برنامه استاندارد لوازم خانگی برای محصولات تحت پوشش و تعیین استانداردهای شدیدتر در صورت وجود توجیه اقتصادی و دسترسی به فن‌آوریهای جدید الزامی است [۵].

اتصال لوله‌های گاز طبیعی به نیروگاه‌های برق - کارخانجات

برای اینکه ضریب ایمنی واحدهای مسکونی را افزایش داده و خطرات ناشی از آتش‌سوزی در منازل مسکونی یا اداری را نیز کاهش دهیم بنظر می‌رسد اتصال لوله کشی گاز طبیعی به کارخانجات به‌منظور تولید کالا و محصول با قیمت پایین‌تر و همچنین اتصال سیستم لوله‌کشی گاز طبیعی به نیروگاه‌های برق اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در حقیقت با تولید انرژی برق ارزان‌تر و انتقال آن به بخش خانگی و اداری علاوه بر افزایش ضریب ایمنی، برق تولیدی را نیز ارزان‌تر به منازل انتقال داده و خطرات ایمنی خانوارها را نیز کاهش داده‌ایم. از طرفی با اعمال این سیاست با کاهش مصرف گاز طبیعی و سایر سوخت‌های فسیلی مواجه می‌شویم [۵].

بنابراین با این شیوه گازرسانی در زمینه تولید ناخالص ملی کالاها نیز تحول عظیمی رخ خواهد داد و مصرف لوازم و تجهیزات و مصارف خانگی نیز با کاهش روبرو بوده و تحت الشعاع

قرار خواهد گرفت. امروزه اینگونه سیستم لوله کشی در اروپا در سال‌ها قبل منسوخ شده و تغییر یافته است. لیکن در کشور ما هم اکنون ادامه داشته که استمرار این سیستم و روش فعلی جایز نبوده و با هرز رفتن منابع گازی کشور روبرو خواهیم شد [۵].

انرژی‌های نوین و کاربرد آنها در ساختمان‌های تجاری / دولتی

مولدهای بادی دارای کاربردهای متعددی می‌باشند لذا از نیروی باد برای مقاصدی همچون تولید برق و یا کشیدن آب از چاه با استفاده از پمپ‌های بادی و مصارف خانگی استفاده می‌شود. در حقیقت روستائیان برای تامین برق مورد نیاز خود از مولدهای بادی کوچک استفاده می‌نمایند. مولدهای بادی انرژی را با استفاده از تیغه‌های پروانه مانند خود که بر روی یک موتور برقی نصب شده‌اند مهار می‌نمایند. این پروانه‌ها در سطح ارتفاع بلند نصب شده و قادر به جذب بادهای قوی‌تر که در ارتفاع می‌وزند بوده است. همچنین باد موجب چرخش پروانه‌ها و در نتیجه چرخش موتور برقی و تولید برق می‌شوند. بهر حال می‌توان بدین روش در مناطق دوردست که امکان برق‌رسانی میسر نبوده تولید برق نمود. در حال حاضر در حاشیه کوه‌های بینالود مشهد مقدس نیز این سیستم در حال نصب بوده که کمک شایانی به تولید برق در مصارف روستائی و حتی شهری می‌نماید [۵].

از نور خورشید یا انرژی خورشیدی نیز می‌توان برای تولید برق، گرم‌نمودن آب، گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌ها که بحث ماست استفاده نمود. برای جذب انرژی موجود در نور خورشید و تبدیل مستقیم آن به برق نیز بهره‌برداری کرد. انوار خورشیدی دارای کاربردهای گسترده‌ای بوده و در لوازم مختلف اعم از ماشین حساب تا ایستگاه‌های فضایی و مصارف خانگی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی دیگر از فن‌آوری‌های مهار انرژی علاوه بر استفاده مستقیم نور خورشید در آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی که در منطقه تربت حیدریه بیش از ۱۰۰۰ خانوار روستائی و شهری را زیر پوشش قرارداد، مهار انرژی خورشیدی توسط یک سیستم متمرکزکننده انرژی خورشیدی است که از حرارت خورشید برای تولید برق استفاده می‌کند و در این روش نور خورشید با استفاده از آینه‌ای بزرگ جمع‌آوری و متمرکز شده و یک منبع فشرده گرما ایجاد می‌نماید که می‌تواند برای تولید برق با استفاده از یک توربین بخار و یا یک موتور حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. متأسفانه در کشور ما به این امر توجهی نشده بویژه اینکه در بیشتر شهرستان‌های کشور ما نور خورشید در فصول مختلف بسیار گسترده وجود دارد. در سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی از انرژی خورشیدی برای گرم کردن آب به منظور مصارف خانگی و صنعتی استفاده شده در کشورهای پیشرفته نیز در بسیاری از ساختمان‌های مسکونی و تجاری بزرگ نیز برای تولید گرمای مورد نیاز از انرژی خورشیدی استفاده می‌نمایند بطوریکه در مناطق سردسیر می‌توان با استفاده از سیستم تهویه مطبوع خورشیدی هوای ورودی به اتاق را تا حدودی گرم نگاه داشت. همچنین از انرژی ذخیره شده

در گیرنده‌های خورشیدی می‌توان برای سردنمودن یک ساختمان استفاده نمود. برخی از مهندسان ساختمان برای کاستن از نیاز به سیستم‌های روشنایی سنتی و کاهش هزینه‌های سرمایشی و گرمایشی از طرح‌های دقیق و مناسب به‌منظور ذخیره انرژی خورشیدی استفاده نمود. بعبارتی می‌توان از مواد ذخیره‌کننده انرژی خورشیدی در ساخت دیوارها و سقف ساختمان‌ها استفاده کرد و بدین طریق سقف‌ها و دیوارها در طول روز انرژی خورشیدی را جذب نموده و در طول شب بتدریج آن را آزاد نماید. در فن‌آوری‌های انرژی خورشیدی پیشرفت‌های چشمگیری بوجود آمده که از لحاظ فنی و هزینه‌ای از جایگاه مستحکمی برخوردار هستند. فرضاً تامین برق مکان‌های دوردست همانند ماهواره‌ها، ارتباطات و سیستم‌های هدایت‌شونده به تحقیقات زیادتری در این رابطه نیاز می‌باشد و ضروری است که در کشور ما در این زمینه تحقیقات بیشتری صورت پذیرد [۵].

در یک بررسی بایستی توجه نمود در حالیکه فن‌آوری‌های انرژی خورشید در جهان از پیشرفت‌های شگرفی از لحاظ فنی و کاهش هزینه‌های لازم برخوردار بوده و از ارزش مناسبی در بازارهای جهانی بعنوان تامین‌کننده انرژی در نقاط دور دست، همانند ماهواره‌ها، ارتباطات و سایر حمل‌ونقل‌ها روبرو بوده اما در کشور ما به آن هیچ‌گونه توجهی نشده که ضروری است در این رابطه تحقیقاتی در زمینه کاهش هر چه بیشتر هزینه‌ها در استفاده از انرژی‌های فسیلی و افزایش عملکرد فن‌آوری‌ها از انرژی‌های نوین صورت پذیرد و در استفاده از انرژی‌های نو در بخش مصارف خانگی که با رشد فزاینده و مصرفی رو به رشد مواجه می‌باشد اهتمام ورزیده شود [۵].

بکارگیری روش‌های مطروحه جهت پاسخگوئی به نیازهای کشور که رو به رشد می‌باشد می‌بایستی از داخل کشور آغاز شود و در جهت دستیابی به سیاست‌های کلی انرژی و بهره‌وری از توانمندی‌های موجود به‌منظور تولید و فرآوری و حمل منابع انرژی مورد نیاز با استفاده از روش‌های کارآمد و سازگار با محیط زیست پایدار می‌باشد [۵].

مدیریت استفاده از انرژی

مدیریت انرژی یک راهبرد بوده و می‌بایستی عباراتی نظیر بهینه‌سازی و صرفه جویی را در بر بگیرد. مدیریت انرژی مفاهیم ذیربط را تحت پوشش قراردادده و در حقیقت گزینش نوع مناسب انرژی یعنی بکارگیری اقتصادی‌ترین منبع انرژی بر حسب نوع مصرف مورد نظر می‌باشد. استفاده ناکارآمد از انرژی به‌عنوان اتلاف انرژی محسوب می‌گردد زیرا هزینه‌های مربوط به انرژی اغلب بخش قلیلی را در مجموع هزینه‌ها تشکیل می‌دهد. به‌عبارتی مدیریت انرژی ابزاری برای اندازه‌گیری سطح دقت در اجرای فعالیت‌های اصلی مدیریت انرژی می‌باشد. هر یک از مدیران سازمان مسئولیت مدیریت انرژی را بر عهده دارند. لذا ضروری است که کلیه کارکنان دولت نسبت به صرفه‌جویی ایجاد انگیزش شود و نسبت به ارتقاء و تبلیغ مدیریت انرژی و دستاوردهای خود در این عرضه اقدام نمایند.

بدیهی است کارکنانی که از مهارت، دانش و روحیه خوبی برخوردار باشند قادر خواهند بود به یک برنامه موفق مدیریت انرژی همت گماشته و در اجرای یک ممیزی مورد انتظار مطلوب انرژی اهتمام ورزند. موسسات دولتی مسئول ارتقاء کارایی انرژی نقش مهمی را در حصول اطمینان از مشاوره مستقل داشته و اطلاعات مورد نیاز در خصوص فن‌آوری‌های مربوط در مدیریت انرژی را می‌بایستی فراهم نمایند. توفیق مدیریت انرژی در سازمان‌ها به تعهد همه جانبه اعضای سازمانی و نظام گزارش‌دهی به وضعیت مصرف انرژی و یک برنامه آموزشی و انگیزش در کارکنان به منظور مصرف موثر انرژی و صرفه‌جویی دارد. ممیزی انرژی نیز که شامل بررسی دقیق و جز به جز انرژی مصرف‌شده در یک منزل، سازمان و اداره و کارخانه صنعتی، شرکت حمل و نقل می‌باشد می‌بایستی توسط افراد متخصص در مراکز مورد بحث اجراء شود [۵].

برچسب‌ها با ارائه اطلاعات در رابطه با توزیع کارایی انرژی الگوها به مصرف‌کنندگان در هنگام تصمیم‌گیری‌های جدی کمک می‌نمایند و تولیدکنندگان را به سوی طراحی محصولاتی با رتبه‌بندی بالاتر از رتبه استاندارد حداقل کارایی انرژی تشویق می‌کنند و اصولاً استانداردهای انرژی و برچسب‌ها با کاهش هزینه‌های انرژی، اقتصاد ملی را تقویت نموده و رفاه و آسایش مصرف‌کنندگان را افزایش و آلودگی‌های شهری و منطقه را کاهش خواهد داد [۵].

چگونگی مصرف انرژی در ساختمان‌ها

به منظور بکارگیری طرح کارایی انرژی در منازل یا ادارات باید بدانیم کدام قسمت از ساختمان بیشترین انرژی را مصرف می‌نماید. بررسی میزان مصرف انرژی مکان‌هایی که بیشترین مصرف انرژی واحدهای مسکونی یا اداری را دارند نشان می‌دهد که کارآمدترین اقدامات جهت کاهش خریدهای کالاهای مصرف انرژی می‌بایستی صورت پذیرد. بنابراین لازم است که قبض هزینه ماهانه و یا دوره‌ای انرژی شامل برق، سوخت و گاز را مورد بررسی و ارزیابی قرار دهیم [۵].

اصولاً سطح عایق‌بندی در دیوارهای بیرونی، زیرزمینی، سقف‌ها، اتاق‌های زیرشیروانی، کف‌ها و فضای زیر پله‌ها قابل بررسی بوده که در این رابطه در هنگام ساخت می‌بایستی به پیمانکار توصیه لازم را ارائه نمود. سوراخ‌ها، شکاف‌های اطراف دیوارها، پنجره‌ها، درب و وسایل روشنایی و سیستم و تجهیزات لوله کشی، کلیدهای برق و خروجی‌های برق ممکن است عامل نشت هوا به داخل و یا خارج از ساختمان واحد مسکونی یا اداری باشد. بنابراین می‌بایستی از عملکرد صحیح سیستم‌های حرارتی و برودتی و تجهیزات مطمئن گردید [۵].

ضمناً لازمست نیازهای روشنایی واحد مسکونی یا اداری مورد بررسی قرار گرفته و توجه شود که به مکان‌های پرمصرف انرژی همانند اتاق نشیمن، آشپزخانه و روشنایی خارج منزل یا اداره توجه کافی مبذول شود. از طرفی می‌بایستی روشی برای استفاده از روشنایی روز و کاهش زمان

روشن ماندن لامپها یافته و همچنین لامپ‌های فلورسنت کم‌مصرف استاندارد و متحرک را جایگزین لامپ‌های پرمصرف نمائیم [۵].

بررسی سیستم عایق‌بندی واحدهای مسکونی یا اداری یکی از محورهای اصولی و کارآمدترین شیوه‌ها برای استفاده از طرح ذریبط به انرژی واحد مسکونی یا اداری بوده تا ضمن کاهش تلفات انرژی از هزینه‌هایی که بابت تامین انرژی پرداخت می‌شود بیشترین بهره برده شود. یک سیستم عایق‌بندی مطلوب شامل ترکیبی از محصولات و تکنیک‌های ساختمانی است که کارایی حرارتی واحدهای مسکونی یا اداری را افزایش داده که روشی را اتخاذ کرده تا در برابر نفوذ و رخنه هوا محفوظ گردد و همچنین رطوبت را نیز کنترل نماید. بدیهی است در ساختمان‌های مسکونی می‌بایستی از چهار نوع عایق حرارتی، طاقه‌ای، خاکریزست و صفحات محکم استفاده گردد. عبارتی عایق حرارتی بین تیر اسکلت دیوارها یا بین تیرک سقف‌ها و کف‌ها قرار گیرد که عایق خاکریز سست در اطاق زیر شیروانی یا دیوارها استفاده می‌شوند. شایان ذکر است که سلولز معمولاً از کاغذهای بازیافتی به مواد شیمیائی ضد اشتعال ساخته می‌شود. صفحات محکمی که با فشار از قالب بیرون کشیده می‌شود و دور مکان‌های محبوس و محدود مثل دیوارهای بیرونی، زیرزمینی، دیوارهای فونداسیون، سقف مساجد و دال‌های بتونی بکار می‌رود. تهویه هوا در کنترل رطوبت و کاهش قبض‌های برق، گاز و سوخت وسایل خنک‌کننده در تابستان نقش زیادی دارند. این عمل در ساختمان‌های جدید از طریق نصب پوشش مناسب درب و پنجره‌ها و نواریچی نقاط حساس و روپوش‌های محافظ بیرونی یا بطور اساسی درزگیری و از طریق ایجاد درز در دیوارهای خارجی صورت می‌گیرد. گرمایش و سرمایش واحدهای مسکونی یا اداری انرژی زیادی را می‌طلبد و هزینه‌ای سنگین را در طول زمان در بر خواهد داشت. از طرفی سوختی که در منزل یا اداره مصرف می‌شود از خود گاز دی‌اکسیدکربن در هوا منتشر نموده که موجب آلودگی محیط‌زیست می‌شود. نگهداری مناسب از وسایل موجود گرمایش و سرمایش و بهسازی آنها مهم بوده که علاوه بر هزینه صرفه‌جویی وسایل، آسایش و راحتی را نیز در ساختمان‌های مسکونی یا اداری را فراهم می‌نماید. از طرفی به‌علت مشارکت این عوامل یعنی نگهداری مناسب و بهسازی آنها با عایق‌سازی مناسب هواگیری و تنظیم ترموستات، می‌توانید قبض‌های مصرفی انرژی از هر نوع سوختی که مصرف می‌شود کاهش داده و همچنین آلودگی هوا را نیز تقلیل داد. کنترل و تنظیم ترموستات‌ها، فیلترهای مشعل موتورخانه، تنظیم دریچه‌های هوا، هواگیری رادیاتورهای آب گرم، تنظیم هواکش‌های تهویه آشپزخانه، پوشش دادن درزهای درب و پنجره‌ها در زمستان، مسدود نمودن درب اطاق‌هایی که در فصل زمستان از آن استفاده نمی‌شود. تهیه وسایل گرمازا که موجب بهره‌وری بالای انرژی می‌باشد و در تهیه کنترل برچسب‌های بازده انرژی محصولات، تعبیه کانال‌های سیستم‌های گرمایش و سرمایش

و درزگیری کانال‌ها برای جلوگیری از نفوذ هوا، تعمیرات جزئی کانال‌ها و عایق‌بندی آنها در صرفه‌جویی انرژی بسیار مهم می‌باشد [۵].

استفاده از شیوه‌های طراحی خورشیدی انفعالی همانطور که در صفحات قبل مطرح شد در گرم‌نمودن و خنک‌کردن منزل یا اداره می‌تواند هم از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی مفید باشد. شیوه‌های حرارتی خورشیدی انفعالی در هنگام ساخت واحدهای مسکونی همانند بتون‌ریزی بیشتر، کار گذاشتن پنجره‌هایی روی دیوارهای روبه جنوب و تعیین نمودن محل‌های جمع‌شدن و متمرکزشدن گرما، مانند تیغه‌های بتونی بام یا دیوارهای جذب‌کننده گرما می‌تواند هزینه انرژی‌های حرارتی را در مقایسه با واحد مسکونی یا اداری که برای تامین حرارت خورشید انفعالی استفاده نمی‌کند کاهش دهد [۵].

سیستم خورشیدی باعث کاهش هزینه‌های خنک‌کردن منزل یا اداره نیز می‌گردد. شیوه‌های سرمایی خورشیدی شامل سایبان‌های پنجره‌هایی با پوشش‌های بازتابی و استفاده از پوشش‌های بازتابی روی دیوارهای بیرونی و پشت بام بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در سیستم انرژی خورشیدی نیز باید به نکاتی از قبیل نظافت تمام شیشه‌های رو به جنوب، جمع‌آوری اشیایی که مانع از رسیدن نور خورشید می‌شود و ممانعت از هدر رفتن گرما در شب از پنجره‌های بزرگ و از پرده‌های عایق‌بندی‌شده استفاده گردد [۵].

در جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت در منازل یا ادارات نصب شومینه‌ها (بخاری‌های دیواری) و تعبیه سیستم‌های حرارتی نفتی و گازی و سیستم‌های تهویه هوا و خنک‌کننده مهم می‌باشد. در جهت سیستم گرمایش آب از قبیل جلوگیری نمودن از چکه شیرآلات، عایق‌بندی لوله‌ها و مخزن ذخیره آب گرم‌کن‌ها و نصب دوش‌های بدون هوا و کم جریان، نصب آب‌گرم‌کن‌هایی که راندمان انرژی بالایی داشته باشند. تنظیم ترموستات آب‌گرم‌کن‌ها، تعبیه سیستمی برای بازیافت آب‌گرم و دقت در برچسب بازده انرژی بر روی دستگاه‌ها موثر می‌باشد [۵].

در ساخت محوطه‌سازی منازل یا ادارات نیز می‌بایستی دقت لازم را معمول نمود. محوطه‌سازی شیوه‌ای طبیعی و زیبا جهت کاهش انرژی بوده که علاوه بر ارزش‌های زیبا شناختی و محیطی، درخت، درختچه‌ها در محلی مناسب کاشته شوند که مانند یک بادشکن عمل نموده و بدین طریق هزینه انرژی کاهش یابد. در فصل تابستان موثرترین شیوه خنک نگه‌داشتن منزل یا اداره آنست که در مرحله اول از احاطه‌شدن گرما در اطراف منزل یا اداره جلوگیری نمائیم. مهمترین منبع ایجاد گرما نور خورشید است که از طریق دیوارها، پشت‌بام و پنجره‌ها جذب می‌شود. ادارات یا منازلی که نمای بیرونی آنها تیره رنگ باشند انرژی تابشی را بر مواضع مختلف ساختمان می‌تابد جذب می‌نمایند. سپس بخشی از این انرژی جذب‌شده از طریق هدایت وارد واحد مسکونی یا اداری شده و موجب

گرم شدن محیط داخلی ساختمان می‌شود. برعکس واحدهای مسکونی یا اداری که نمای بیرون آنها روشن باشد قسمت اعظم گرمای تابشی خورشید را بطور موثر منعکس می‌نماید و با ایجاد سایه و نسیم خنک، گرمای محیط داخلی ساختمان را کاهش می‌دهد. سایه و نسیم خنکی که بواسطه کاشت درختان ایجاد می‌شود دمای هوای پیرامون ساختمان را کاهش می‌دهد. تحقیقات انجام‌پذیرفته نشان می‌دهد که دمای هوا در روزهای تابستانی در مناطقی که درختان سایه افکنده‌اند خنک‌تر از مناطق بدون درخت می‌باشد. بدیهی است می‌بایست با در نظر گرفتن نوع آب و هوا و اقلیم منطقه‌ای که در آن مردم زندگی می‌نمایند از استراتژی‌های محوطه‌سازی استفاده شود که صرفه‌جویی در انرژی را به‌همراه داشته باشد [۵].

نورپردازی یکی از سریع‌ترین راههای کاهش هزینه‌های مصارف انرژی می‌باشد. استفاده از لامپ‌های مهتابی و لامپ‌های کم‌مصرف و بدین ترتیب نورپردازی پربازده و با کیفیت بالا مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. استفاده از پرده‌های رنگ روشن برای پنجره‌ها موجب نفوذ روشنایی روز به اتاق شده و موجب حفظ آرامش می‌گردد. از این طریق به مزیت روشنایی روز پی‌برده و با رنگ‌های روشن‌تری که روشنایی روزانه را منعکس می‌نماید اتاق را می‌بایستی تزئین نمود. بسیاری از منازل یا ادارات نیز از چراغ‌های بیرونی برای تزئین و امنیت استفاده می‌نمایند بطوریکه برای چنین کاری لامپ‌هایی در خارج از ساختمان نصب می‌گردد. بنابراین با نصب یک دستگاه فوتوسل (سلول نوری) که با ساعت کار می‌کند می‌توان این لامپ‌ها را در طول روز خاموش نگه‌داشت [۵].

لوازم خانگی یکی از موارد مصرف انرژی یک خانوار از قبیل یخچال و فریزر، ماشین لباسشویی و غیره می‌باشد. لذا ضروری است که هنگام خرید لوازم خانگی به دو برچسب توجه نمود که اولین برچسب قیمت خرید و دومین برچسب هزینه بهره‌برداری از وسیله در طی عمر مفید آن می‌باشد. در هنگام خرید لوازم خانگی برقی می‌بایستی به برچسب انرژی آن توجه نمود. راهنمای خرید لوازم خانگی به فرد کمک می‌نماید که دریابد چگونه لوازم خانگی برای بازدهی ارزیابی و درجه‌بندی شده و برای خرید لوازم جدید می‌بایستی کلیه موارد را مدنظر قرار داد. نوع لوازم خانگی و سیستم‌هایی که برق، نفت و یا گاز طبیعی استفاده می‌نمایند بسیار مهم است [۵].

ساختار تقاضای بخش مسکونی از سیستم مدل‌سازی انرژی در بخش خانگی شامل واحدهای مسکونی که بصورت تک‌خانواری و چندخانواری طبقه‌بندی می‌گردند بوده و انرژی مصرفی در ساختمان‌های مسکونی مجموع انرژی مورد نیاز برای فراهم‌آوردن سرویس‌های خاص انرژی با توجه به فن‌آوری‌های انتخاب‌شده مطابق سطح بهره‌وری انرژی آن ساختمان می‌باشد. انتخاب فن‌آوری مناسب برای برآورده‌ساختن تقاضای سرویس انرژی، پیش‌بینی ذخیره‌های لوازم، پیش‌بینی تغییرات درستی بدنه ساختمان، تعیین مقدار لوازم تولید و توزیع‌شده و محاسبه انرژی مصرفی توسط لوازم

انتخاب‌شده برای برآورده‌ساختن تقاضای سرویس‌های انرژی در واحدهای مسکونی حائز اهمیت می‌باشد. درستی بدنه ساختمان نیز در پیش‌بینی مصرف نهایی در نظر گرفته‌شده و به افزایش واقعی قیمت سوخت‌های وسایل تهویه محیط حساس می‌باشد. مصرف نهایی انرژی بخش مسکونی یا اداری بعنوان تابعی از ذخیره مسکن و لوازم میانگین واحد، مصرف انرژی مشخصات لوازم وزن‌داده‌شده و توسعه درستی بدنه ساختمان تعیین می‌گردد. انتخاب فن‌آوری، تنظیم آب و هوا، جایگزینی فن‌آوری، سرمادهی هوا، دستگاه‌های تهویه مطبوع مرکزی و اطاقی و گرم‌کننده آب معمولی و یا خورشیدی و لوازم خانگی، سیستم حرارت‌دهی بسیار حائز اهمیت می‌باشد [۵].

در خاتمه لازمست که در سیاست‌های ملی توجه خاصی به امر بهینه‌سازی مصرف و صرفه‌جویی در بخش مصارف خانگی و ساختمان اداری نمود که با راه‌کارهای مطروحه در این گزارش و انجام اقدامات در کاهش مصرف فرآورده‌های نفتی بسیار موثر خواهد بود [۵].

بدین ترتیب اجرای اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود در خصوص اصلاحات در سیستم روشنایی و تأسیسات سرمایشی و گرمایشی، انجام عایق‌کاری‌های سقف، کف و دیوارهای خارجی ساختمان و همچنین دو جداره‌کردن پنجره‌های موجود می‌باشد که نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجهی بوده و لزوماً تحقق این نوع طرح‌ها در صورت اختصاص بودجه از سوی دولت و پیشگام‌شدن در این امر امکان‌پذیر می‌باشد.

۲.۲ وضعیت موجود ساختمان‌ها

جهت محاسبه‌ی بارهای حرارتی و بروندی اطلاعات کاملی از ساختمان مورد نیاز می‌باشد. این اطلاعات را می‌توان به شکل زیر دسته‌بندی نمود.

۱. شرایط اقلیمی

- طول و عرض جغرافیایی
- متوسط حداقل و حداکثر دما

۲. اطلاعات هندسی و زیربنایی

- زیر بنای کل ساختمان
- جنس مصالح و ضخامت به‌کار رفته آنها در کلیه‌ی بخش‌های ساختمان اعم از دیوار، کف، سقف و غیره
- مساحت کلیه‌ی دیوارها، درها، پنجره‌ها، کف‌ها و سقف‌ها

۳. اطلاعات کاربری ساختمان

- تعداد پرسنل و کاربری اتاق‌ها
- سیستم روشنایی
- تجهیزات و وسایل برقی
- تاسیسات ساختمان

۱.۲.۲ شرایط اقلیمی

ساختمان‌های هدف در شهرستان اهواز واقع می‌باشند. طول ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه و عرض ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه مختصات جغرافیایی شهرستان اهواز می‌باشد [۱۱]. ارتفاع از سطح دریای این شهرستان ۲۰ متر بوده و در گروه اقلیم گرم و نیمه مرطوب قرار دارد. براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی اهواز، متوسط حداکثر دما ۴۶/۸ درجه سانتیگراد و متوسط حداقل دما برابر با ۲/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد [۱۱]. با توجه به اطلاعات فوق دمای طرح خارج در تابستان برابر با ۴۶/۸ درجه سانتیگراد و در زمستان برابر با ۲/۶ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.

۲.۲.۲ اطلاعات هندسی و زیربنایی

ساختمان‌های هدف جهت ممیزی مشتمل بر ساختمان‌های اداره مرکزی، ساختمان مهندسی، ساختمان بانک و امور مالی، ساختمان امور مشترکین شرق، ساختمان آموزش، کالا، رستوران و تالار اجتماعات می‌باشند. هر یک از این ساختمان‌ها دارای کاربری، معماری و تجهیزات متفاوت می‌باشند که در ادامه معرفی می‌شوند.

ساختمان مرکزی

زیر بنای این ساختمان نزدیک به ۲۰۰۰ متر مربع بوده که در چهارطبقه با یک زیر زمین احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۶.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مرکزی (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۱/۴۱۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۷.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مرکزی (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۱/۸۲۹ محاسبه می‌شود.

جدول ۸.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان مرکزی (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۱	۰/۵	۰/۰۲
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۰۲۵	۱	۰/۲۵
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷
کف پوش	۰/۰۰۲	۰/۲۳	۰/۰۰۸۷

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ۰/۱۸ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۱/۹۴ محاسبه می‌شود. شایان ذکر است باتوجه به اینکه زیر طبقه‌ی

همکف ساختمان مرکزی زیرزمین وجود دارد، ترکیب این جدار از سمت سقف زیرزمین تا کف طبقه‌ی همکف در جدول فوق ارائه شده‌است. در نهایت مقادیر محاسبه‌شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول ۹.۲ ارائه شده‌است.

جدول ۹.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان مرکزی

جدار	$U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right)$	$R \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$
سقف	۱/۴۱۶	۰/۷۰۶۱
دیوار	۱/۸۲۸	۰/۵۴۶۸
کف	۱/۹۴	۰/۵۱۵۷

جنس شیشه‌ها دوجداره‌ی معمولی با قاب آلومینیومی می‌باشد.

ساختمان مهندسی

ساختمان مهندسی با زیر بنای نزدیک به ۱۰۵۰ مترمربع در دو طبقه احداث شده‌است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده‌است.

جدول ۱۰.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مهندسی (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ k} \right)$	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $\left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$ ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج [۷] برابر با $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right)$ ۱/۴۱۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۱۱.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مهندسی (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۱/۸۲۹ محاسبه می‌شود.

جدول ۱۲.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان مهندسی (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی	۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۰۷
بلوکاژ	۰/۱۵	۱/۸	۰/۰۸۳
اندود ملات	۰/۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲۶
موزاییک	۰/۰۲	۱/۷۵	۰/۰۱۱

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود.

در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۳.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان مهندسی

جدار	$(U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right))$	$R \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$
سقف	۱/۴۱۶	۰/۷۰۶
دیوار	۱/۸۲۸	۰/۵۴۷
کف	۲/۵۱۹	۰/۴۴۷

جنس شیشه‌ها تک جداره با قاب فلزی می‌باشد.

ساختمان بانک و امور مالی

ساختمان بانک و امور مالی با زیر بنای نزدیک به ۱۴۰۰ متر مربع در سه طبقه احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۴.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان بانک و امور مالی (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
عایق یونولیت	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۱/۰۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۰/۵۶۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۱۵.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان بانک و امور مالی (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
عایق یونولیت	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۱/۰۶
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۰/۶۲۲ محاسبه می‌شود.

جدول ۱۶.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان بانک و امورمالی (از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت $(\frac{W}{m \cdot ^\circ k})$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۱۰۷	۱/۴	۰/۱۵	بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی
۰/۰۸۳	۱/۸	۰/۱۵	بلوکاژ
۰/۰۲۶	۱/۱۵	۰/۰۳	اندود ملات
۰/۰۱۱	۱/۷۵	۰/۰۲	موزاییک

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج ([V]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود.

در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۷.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان بانک و امورمالی

جدار	$(U(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}))$	$R(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$
سقف	۰/۵۶۶	۱/۷۷
دیوار	۰/۶۲۲	۱/۶۱
کف	۲/۵۱۹	۰/۳۹۷

جنس شیشه‌ها دوجداره‌ی معمولی با قاب آلومینیومی می‌باشد.

ساختمان امور مشترکین شرق

ساختمان خدمات مشترکین شرق با زیر بنای نزدیک به ۲۰۰ متر مربع در دو طبقه احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۸.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان امورمشترکین شرق (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
عایق یونولیت	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۱/۰۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ناشی از لایه هوای داخل و خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$) ۰/۵۶۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۱۹.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان امورمشترکین شرق (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
عایق یونولیت	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۱/۰۶
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ناشی از لایه هوای داخل و خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۰/۶۲۲ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۰.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان امورمشترکین شرق (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی	۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۰۷
بلوکاز	۰/۱۵	۱/۸	۰/۰۸۳
اندود ملات	۰/۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲۶
موزاییک	۰/۰۲	۱/۷۵	۰/۰۱۱

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت ($\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$) ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج ([۷]) برابر با ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$) ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود.
در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۲۱.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارها در ساختمان امورمشترکین شرق

جدار	$U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right)$	$R \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$
سقف	۰/۵۶۶	۱/۷۷
دیوار	۰/۶۲۲	۱/۶۱
کف	۲/۵۱۹	۰/۳۹۷

جنس شیشه‌ها تک جداره با قاب فلزی می‌باشد.

ساختمان آموزش

ساختمان اداره آموزش با زیر بنای نزدیک به ۳۴۰ مترمربع در یک طبقه احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۲۲.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان آموزش (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m^{\circ}k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot^{\circ}k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot^{\circ}k}{W})$ ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot^{\circ}k})$ ۱/۴۱۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۳.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان آموزش (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m^2 \cdot^{\circ}k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot^{\circ}k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱۰	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot^{\circ}k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot^{\circ}k})$ ۱/۸۲۹ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۴.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان آموزش (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m^{\circ}k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot^{\circ}k}{W}$
بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی	۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۰۷
بلوکاز	۰/۱۵	۱/۸	۰/۰۸۳
اندود ملات	۰/۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲۶
موزاییک	۰/۰۲	۱/۷۵	۰/۰۱۱

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ناشی از لایه هوای داخل و خارج ([۷]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود. در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است. جنس شیشه‌ها تک جداره معمولی با قاب آلومینیومی می‌باشد.

جدول ۲۵.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای ساختمان آموزش

جدار	$(U(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}))$	$R(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$
سقف	۱/۴۱۶	۰/۷۰۶
دیوار	۱/۸۲۹	۰/۵۴۸
کف	۲/۵۱۹	۰/۳۹۶

ساختمان انبار کالا و بهره برداری

ساختمان انبار کالا و بهره برداری با زیر بنای نزدیک به ۸۵۰ متر مربع در دو طبقه احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۲۶.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان کالا (از داخل به خارج)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت $(\frac{W}{m \cdot ^\circ k})$	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
گچ	۰/۰۲	۰/۵	۰/۰۴
بتن معمولی	۰/۱	۱/۷۵	۰/۰۵۷۱
تیرچه بلوک سیمانی	۰/۲۵	۱	۰/۲۵
پوکه شیب بندی	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۰۹۶
محصولات عایق رطوبتی	۰/۰۳	۰/۷	۰/۰۴۳

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۷]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۱/۴۱۶ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۷.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان کالا (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
اجر نما	۰/۰۴۰	۱/۱۶۷	۰/۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۱/۷۳۲ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۸.۲: مشخصات اجرایی کف ساختمان کالا (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی	۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۰۷
بلوکاز	۰/۱۵	۱/۸	۰/۰۸۳
اندود ملات	۰/۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲۶
موزاییک	۰/۰۲	۱/۷۵	۰/۰۱۱

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([V]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود. در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و

ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است. جنس شیشه‌ها تک جداره معمولی با قاب آلومینیومی می‌باشد.

جدول ۲۹.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای ساختمان کالا

جدار	$U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right)$	$R \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$
سقف	۱/۴۱۶	۰/۷۰۶
دیوار	۱/۷۳۲	۰/۵۷۷۳
کف	۲/۵۱۹	۰/۳۹۶۹

ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

ساختمان رستوران و تالار اجتماعات با زیر بنای نزدیک به ۱۱۴۰ متر مربع در دو طبقه احداث شده است. مشخصات اجرایی بخش‌های مختلف ساختمان در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۳۰.۲: مشخصات اجرایی دیوار رستوران (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
سنگ نما	۰/۰۱۰	۲/۹	۰/۰۰۳۴
اندود ملات	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۰/۰۲۱۷
آجر توپر	۰/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۰۱۷
گچ	۰/۰۲۵	۰/۵	۰/۰۵

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۱۱]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۱/۷۳۲ محاسبه می‌شود.

جدول ۳۱.۲: مشخصات اجرایی کف رستوران (از خارج به داخل)

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت ($\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$)	مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$
بتن با ماسه رودخانه ای یا معدنی	۰/۱۵	۱/۴	۰/۱۰۷
بلوکاز	۰/۱۵	۱/۸	۰/۰۸۳
اندود ملات	۰/۰۳	۱/۱۵	۰/۰۲۶
موزاییک	۰/۰۲	۱/۷۵	۰/۰۱۱

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و

خارج ([۱۱]) برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۲/۵۱۹ محاسبه می‌شود.

در نهایت مقادیر محاسبه شده برای مقاومت و ضریب هدایت جدارها در جدول زیر ارائه شده است. جنس شیشه‌ها یک جداره‌ی معمولی با قاب آلومینیومی می‌باشد. سقف مجموعه نیز از نوع سقف کاذب با عایق پشم شیشه است.

جدول ۳۲.۲: مقادیر ضرایب هدایت و مقاومت جدارهای رستوران

جدار	$U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k} \right)$	$R \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W} \right)$
سقف (کاذب)	۱/۴	۰/۷۴۲
دیوار	۱/۸۲۹	۰/۵۴۶۷
کف	۲/۵۱۹	۰/۳۹۶۹

۳.۲.۲ اطلاعات کاربری و دیگر اطلاعات

در این بخش اطلاعات مربوط به کاربری، پرسنل، روشنایی و دیگر تجهیزات ارائه شده است.

ساختمان مرکزی

ساختمان مرکزی شرکت گاز استان خوزستان، ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۷۳ اتاق و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۳۰۰^۱ نفر می‌باشد. سیستم روشنایی ساختمان مرکزی اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۴۱۵ عدد لامپ مهتابی و ۴۰ عدد لامپ کم‌مصرف مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک پل و دو پل می‌باشد.

برای سرمایش در این ساختمان یک چیلر تراکمی ۱۶۰ تن با کمپرسور رفت و برگشتی و کندانسور آبی استفاده شده و پایانه‌های بکار رفته در ساختمان در اتاق‌ها فن کویل و کولر گازی می‌باشد.

ساختمان مهندسی

ساختمان مهندسی شرکت استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۴۷ فضا و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۲۱۰ نفر می‌باشد. اکثر اتاق‌ها مجهز به کامپیوتر و دیگر تجهیزات اداری بوده که تعداد دقیق آنها مشخص شده و به عنوان ورودی وارد شده است.

سیستم روشنایی ساختمان مهندسی اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۲۵۰ عدد لامپ مهتابی مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک پل و دو پل می‌باشد.

^۱ به نقل از کارشناس بخش مستغلات

برای سرمایه‌گذاری در این ساختمان یک چیلر تراکمی ۱۶۰ تن با کمپرسور رفت و برگشتی و کندانسور آبی استفاده شده و پایانه‌های بکار رفته در ساختمان فن‌کوئل و کولر گازی می‌باشد.

ساختمان بانک و امور مالی

ساختمان بانک و امور مالی شرکت گاز استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۴۶ فضا و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۲۲۵ نفر می‌باشد. اکثر اتاق‌ها مجهز به کامپیوتر و دیگر تجهیزات اداری بوده که تعداد دقیق آنها مشخص شده و به عنوان ورودی به نرم‌افزار وارد شده است. سیستم روشنایی ساختمان بانک اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۳۰۰ عدد لامپ مهتابی و ۹۰ عدد لامپ کم‌مصرف مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک‌پل و دوپل می‌باشد. برای سرمایه‌گذاری در این ساختمان پایانه‌های بکار رفته کولر گازی می‌باشد.

ساختمان اداره امور مشترکین

ساختمان امور مشترکین شرق شرکت استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۲ فضا و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۲۰ نفر می‌باشد. سیستم روشنایی ساختمان اداره امور مشترکین شرق اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۳۰ عدد لامپ مهتابی مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک‌پل و دوپل می‌باشد. برای سرمایه‌گذاری در این ساختمان پایانه‌های بکار رفته کولر گازی می‌باشد.

ساختمان آموزش

ساختمان آموزش شرکت استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۱۶ فضا و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۷۳ نفر می‌باشد. سیستم روشنایی ساختمان آموزش اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۹۳ عدد لامپ مهتابی مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک‌پل و دوپل می‌باشد. برای سرمایه‌گذاری در این ساختمان پایانه‌های بکار رفته کولر گازی می‌باشد.

ساختمان کالا

ساختمان انبار کالا و بهره‌برداری شرکت استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۲۹ فضا و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۷۲ نفر می‌باشد.

سیستم روشنایی اغلب از لامپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۱۴۰ عدد لامپ مهتابی مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک پل و دو پل می‌باشد.

ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

ساختمان رستوران و تالار اجتماعات دارای ۲۴ فضا بوده و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب مراجعین نزدیک به ۱۴۵ نفر می‌باشد. سیستم روشنایی این ساختمان اغلب از لامپ‌های مهتابی و لامپ کم مصرف می‌باشد. تعداد کل ۳۶۰ عدد لامپ مهتابی و ۱۲۰ عدد لامپ کم مصرف و ۲۱۰ عدد لامپ رشته‌ای کوچک جهت لوسترها مورد استفاده‌ی این ساختمان می‌باشد. نحوه کنترل لامپ‌ها بصورت تک پل و دو پل می‌باشد. سیستم سرمایش بکار رفته در این ساختمان پکیج یکپارچه می‌باشد.

۴.۲.۲ بار حرارتی و برودتی ساختمان‌ها

پس از تکمیل اطلاعات لازم، بارهای حرارتی و برودتی ساختمان‌ها به تفکیک محاسبه شده و در ادامه ارائه می‌شود. بخشی از نتایج محاسبه شده توسط نرم‌افزار در پیوست الف ارائه شده و جزئیات کامل همراه با یک لوح فشرده به این گزارش پیوست شده است.

جدول ۳۳.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	امور قراردادها	۱۰۸۲	۱۹۹۴	۴۸۲
۲	امور قراردادها	۱۱۳۶	۲۴۸۶	۵۴۸
۳	امور قراردادها	۲۰۳۳	۵۹۱۵	۸۲۴
۴	ارزیابی پیمانکاران	۲۴۰۶	۵۷۹۵	۱۱۴۱
۵	راهرو	۱۳۵۵	۲۰۲۳	۲۶۱
۶	رییس قراردادها	۲۷۲۳	۴۷۸۴	۸۳۴
۷	امور قراردادها	۵۴۸	۲۰۱۸	۶۷۸
۸	رییس روابط عمومی	۱۱۵۳	۲۲۲۲	۴۵۴
۹	راهرو	۱۱۷۰	۱۰۸۸	۵۵۰
۱۰	راهرو	۱۵۷۰	۱۸۸۸	۱۱۳۳
۱۱	راهرو	۱۲۵۳	۱۸۸۵	۳۲۹

جدول ۲.۳۳: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی (ادامه)

ردیف	اتاق	بارحرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیرمحسوس
۱۲	سرویس بهداشتی	۴۰۶	۵۱۱	۱۰۲
۱۳	اتاق برق	۴۵۵	۵۱۲	۶۲
۱۴	روابط عمومی	۱۱۰۷	۲۹۷۲	۴۶۴
۱۵	بسیج	۱۰۸۷	۲۴۹۸	۵۶۴
۱۶	دبیرخانه	۱۴۰۹	۳۱۰۰	۵۷۲
۱۷	ماشین نویسی	۱۶۸۷	۴۰۶۶	۶۳۹
۱۸	خدمات اجتماعی	۲۰۸۶	۳۸۰۲	۶۳۰
۱۹	روابط عمومی	۱۶۲۳	۴۱۵۱	۷۴۳
۲۰	راهرو	۶۷۰	۹۲۰	۱۲۷
۲۱	آبدارخانه	۱۵۷۷	۲۲۱۷	۲۷۱
۲۲	راه پله	۴۰۶	۵۸۶	۴۲
۲۳	سرویس بهداشتی	۵۵۵	۱۰۴۵	۹۴
۲۴	راهرو	۵۰۴	۴۸۵	۱۳۷
۲۵	راهرو	۵۴۵	۸۸۲	۴۰۳
۲۶	افسر نگهبان	۸۱۱	۱۷۹۸	۲۳۹
۲۷	راهرو	۲۵۸۷	۳۸۱۴	۹۱۰
۲۸	راهرو	۴۲۵	۸۱۲	۵۵۵
۲۹	دفتر حراست	۱۰۴۳	۲۸۶۹	۵۷۰
۳۰	دفتر حراست	۷۵۸	۱۶۱۱	۲۴۴
۳۱	دفتر حراست	۲۷۴۲	۵۹۱۴	۳۸۱

جدول ۳۴.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی اول ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	دفتر برنامه ریزی	۱۰۰۱۳	۴۰۰۳۲	۵۶۸۲
۲	رییس hse	۱۵۱۷	۳۵۷۱	۵۴۲
۳	منشی hse	۶۲۱	۱۶۰۶	۳۳۶
۴	ایمنی و آتش نشانی	۹۴۳	۲۵۴۵	۳۷۱
۵	راهرو	۳۶۳	۹۶۳	۶۱۳
۶	راهرو	۴۲۴	۶۶۰	۱۰۰
۷	سرویس بهداشتی	۳۸۲	۱۱۹۷	۲۷۶
۸	کنترل اسناد	۴۲۵	۲۳۰۴	۵۹۳
۹	مسئول عملیات	۹۷۸	۳۲۰۱	۶۸۸
۱۰	پانچيست	۷۴۴	۲۱۶۳	۳۳۷
۱۱	اتاق چاپ	۱۶۴۴	۴۹۰۳	۷۲۷
۱۲	کپی امور پژوهشی	۱۰۸۰	۳۰۴۸	۶۰۰
۱۳	کتابخانه پژوهشی	۶۵۲	۱۸۳۷	۴۵۵
۱۴	سرویس بهداشتی	۵۵۳	۱۱۱۰	۴۰۶
۱۵	بهبود محیط کار	۱۳۴۵	۳۱۶۰	۵۴۷
۱۶	سرویس بهداشتی	۸۹۹	۱۹۹۰	۶۶۲
۱۷	کارگاه	۲۲۰۰	۷۶۹۰	۱۷۱۶
۱۸	راهرو	۳۲۴	۸۷۳	۶۴۱
۱۹	رییس اداره	۸۵۸	۱۷۱۰	۶۵۰
۲۰	اتاق سرور	۱۶۱۲	۳۳۷۸	۵۹۱
۲۱	دفتر	۶۱۹	۱۷۵۹	۲۶۶

جدول ۳۵.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی دوم ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	سالن کنفرانس	۱۴۵۸۳	۴۴۳۱۳	۳۹۷۴
۲	انتظار کنفرانس	۱۵۳۴	۳۷۳۰	۶۱۳
۳	راهرو	۷۳۴	۱۶۳۱	۷۵۲
۴	راهرو	۷۲۲	۱۳۹۸	۱۶۶
۵	سرویس بهداشتی	۵۰۷	۱۲۳۵	۱۱۸
۶	رییس حقوقی	۷۳۸	۲۴۴۳	۲۶۶
۷	حقوق و دستمزد	۴۹۲	۳۳۵۱	۷۳۳
۸	برنامه ریزی	۵۸۹	۱۹۵۸	۲۵۷
۹	خدمات کارکنان	۸۵۸	۳۱۸۷	۶۴۹
۱۰	رییس خدمات کارکنان	۱۵۰۵	۳۵۹۹	۴۸۵
۱۱	منشی	۴۵۶	۱۵۲۲	۵۶۴
۱۲	راهرو	۳۲۸	۸۵۰	۵۱۴
۱۳	کارمندان حقوقی	۷۳۰	۲۹۴۱	۵۶۱
۱۴	راهرو	۵۰۴	۱۰۸۴	۴۵۴
۱۵	منشی حقوقی	۱۲۲۸	۲۲۶۰	۳۴۰
۱۶	سرویس بهداشتی	۸۶۶	۱۶۶۷	۲۸۷
۱۷	بایگانی	۱۹۲۲	۵۸۵۰	۱۰۵۳
۱۸	کارمند خدمات	۸۴۷	۲۲۸۴	۳۵۳
۱۹	رییس امور اداری	۱۴۹۳	۳۰۷۸	۴۸۳

جدول ۳۶.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی سوم ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	سالن کنفرانس مدیریت	۴۱۸۸	۸۳۵۷	۱۰۶۰
۲	دفتر	۱۳۵۳	۲۳۵۵	۴۰۱
۳	دفتر	۱۲۶۰	۲۳۱۵	۳۱۲
۴	منشی	۱۰۲۷	۲۷۷۰	۲۸۲
۵	دفتر مدیر عامل	۱۷۶۲	۳۲۰۴	۲۳۲
۶	معاونت مالی	۱۴۵۳	۲۸۰۰	۲۸۵
۷	راهرو	۱۱۶۳	۱۷۴۸	۲۰۷
۸	آبدار خانه	۱۷۲۹	۲۷۳۳	۴۶۹
۹	سرویس بهداشتی	۱۳۳۲	۲۰۷۸	۲۳۷
۱۰	مدیر عامل	۳۵۸۳	۷۶۶۹	۹۹۴
۱۱	منشی مدیر عامل	۱۵۷۵	۳۲۵۶	۴۵۶
۱۲	دفتر اداری	۲۲۱۰	۳۹۸۵	۴۴۳
۱۳	دفتر اداری	۱۵۷۷	۳۲۳۵	۴۲۰
۱۴	راهرو	۱۳۳۳	۱۸۹۲	۳۲۹

جدول ۳۷.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۱	۱۰۱	امور ایثارگران	۸۴۰	۲۵۲۷	۵۹۶
۲	۱۰۲	متصدی رادیو گرافی	۶۶۲	۲۱۴۰	۵۲۷
۳	۱۰۳	ناظرین شبکه	۶۶۲	۲۲۹۵	۵۲۷
۴	۱۰۴	کنترل کالای بروزه ها	۶۶۲	۲۴۵۰	۵۲۷
۵	۱۰۵	ناظرین شبکه	۶۶۲	۲۲۹۵	۵۲۷
۶	۱۰۶	ناظرین شبکه	۱۷۷۷	۴۴۰۲	۹۰۴
۷	۱۰۷	بایگانی	۲۱۷۸	۷۱۹۰	۱۲۲۵
۸	۱۰۸	حفاظت ضد زنگ	۷۴۲	۲۶۰۲	۴۹۹
۹	۱۰۹	مرکز مهندسی	۶۴۱	۲۶۰۲	۷۶۳
۱۰	۱۱۰	اتاق برق	۴۱۰	۸۴۳	۵۹
۱۱	۱۱۱	رادیو گرافی	۱۱۴۴	۲۹۳۷	۷۲۵
۱۲	۱۱۲	رییس حمل و نقل	۷۰۸	۲۵۰۱	۴۳۳
۱۳	۱۱۳	تعمیرات حمل و نقل	۶۶۹	۱۸۶۱	۴۹۲
۱۴	۱۱۴	معاون حمل و نقل	۱۳۹۶	۳۴۷۰	۵۳۴
۱۵	۱۱۵	بازرسی حمل و نقل	۵۱۹	۲۱۱۸	۵۶۲
۱۶	۱۱۶	انبار	۶۱	۱۸۸	۶۱
۱۷	۲۰۱	تکنسین ساخت ایستگاه	۹۴۴	۲۵۱۳	۵۲۷
۱۸	۲۰۲	مهندس ارشد طراح شبکه	۱۱۰۸	۲۶۲۳	۵۱۸

جدول ۳۷.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۱۹	۲۰۳	مهندس طراح ساختمان	۱۲۸۹	۲۶۰۶	۳۱۱۵
۲۰	۲۰۴	منشی	۱۳۱۱	۲۳۸۹	۲۶۹۲
۲۱	۲۰۵	طراح حفاظت زنگ	۱۰۶۳	۲۲۴۱	۲۴۳۸
۲۲	۲۰۶	منشی مهندسی	۷۰۲	۲۴۸۴	۳۰۱۱
۲۳	۲۰۷	مدیریت مهندسی	۲۰۷۰	۵۳۳۱	۵۸۳۳
۲۴	۲۰۸	مسئول طرحها	۱۰۵۶	۲۳۶۷	۲۶۹۶
۲۵	۲۰۹	رئیس خدمات طرحها	۱۰۵۶	۲۳۶۷	۲۶۹۶
۲۶	۲۱۰	مهندس ارشد طراحی	۱۰۵۶	۲۲۱۱	۲۵۴۰
۲۷	۲۱۱	کارشناس تبدیل سوخت	۸۵۵	۱۷۶۹	۲۰۳۲
۲۸	۲۱۲	رئیس گازرسانی صنایع	۱۰۵۶	۲۳۰۰	۲۵۶۳
۲۹	۲۱۳	رئیس خدمات مهندسی	۲۵۱۱	۴۲۲۵	۴۵۳۴
۳۰	۲۱۴	رئیس اجرای طرحها	۳۰۱۷	۶۴۸۲	۷۰۲۴
۳۱	۲۱۵	اتاق هواساز	۱۱۰۹	۱۹۴۷	۲۰۶۹
۳۲	۲۱۶	اتاق هواساز	۸۰۷	۱۳۴۰	۱۴۹۶
۳۳	۲۱۷	ناظر شبکه ارشد	۱۴۲۵	۳۱۷۷	۳۵۶۲
۳۴	۲۱۸	ناظر ارشد شبکه	۱۰۵۶	۲۷۷۶	۳۳۰۳
۳۵	۲۱۹	ناظر ارشد شبکه	۱۰۵۶	۲۷۷۶	۳۳۰۳
۳۶	۲۲۰	ناظر اجرای ساختمان	۲۲۱۰	۵۱۰۶	۶۰۲۸
۳۷	۲۲۱	ناظرین ارشد ساختمان	۲۳۹۳	۴۹۷۷	۵۸۳۱
۳۸	۲۲۲	مسئول اجرای ساختمان	۱۰۸۷	۲۵۱۷	۲۷۹۰

جدول ۳۷.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۳۹	۲۲۳	ناظر ارشد خطوط و صنایع	۱۰۸۷	۲۶۱۷	۵۳۷	۳۱۵۴
۴۰	۲۲۴	خدمات حمل و نقل	۹۴۱	۲۱۶۰	۱۷۴	۲۹۳۴
۴۱	۲۲۵	راهروهای طبقه همکف	۱۸۴۰	۳۹۱۲	۵۶۵	۴۵۴۷
۴۲	۲۲۶	دفتر حراست	۱۷۹۲	۴۳۶۶	۶۴۲	۵۰۰۱
۴۳	۲۲۷	سرویس بهداشتی همکف	۹۱۲	۲۵۲۴	۱۳۵	۲۶۵۹
۴۴	۲۲۸	راهروهای طبقه اول	۴۶۴۶	۷۵۰۰	۱۰۴۳	۱۵۴۳
۴۵	۲۲۹	سالن کنفرانس	۱۷۶۶	۲۱۶۶	۱۲۶	۲۹۹۲
۴۶	۲۳۰	سرویس بهداشتی طبقه اول	۱۴۵۱	۲۶۱۵	۱۶۰	۲۸۴۵
۴۷	۲۳۱	آبدارخانه طبقه اول	۱۰۱۰	۱۹۹۴	۳۳۴	۲۳۲۸

جدول ۳۸.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱	۱۰۱	حسابداری طبقه همکف	۸۴۰	۲۵۲۷	۵۹۶	۳۱۲۳
۲	۱۰۲	حسابداری اموال همکف	۶۶۲	۲۱۴۰	۵۲۷	۲۶۶۷
۳	۱۰۳	انبار همکف	۶۶۲	۲۲۹۵	۵۲۷	۲۸۲۲
۴	۱۰۴	حسابداری فروش	۶۶۲	۲۴۵۰	۵۲۷	۲۹۷۷
۵	۱۰۵	انبار حسابداری فروش	۶۶۲	۲۲۹۵	۵۲۷	۲۸۲۲
۶	۱۰۶	خزانه همکف	۱۷۷۷	۴۴۰۲	۹۰۴	۵۳۰۶

جدول ۳۸.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۷	۱۰۷	حقوق و دستمزد	۳۹۲	۳۴۰۵	۱۴۵۳
۸	۱۰۸	حسابداری بیمه‌ها	۶۶۹	۳۲۷۳	۷۹۷
۹	۲۰۱	کنترل هزینه‌ها	۶۶۹	۳۰۴۵	۳۳۵
۱۰	۲۰۲	دفتر داری حسابداری	۴۸۳	۲۳۲۳	۲۹۲
۱۱	۲۰۳	مهندسی فروش	۱۰۴۳	۳۷۱۵	۴۶۰
۱۲	۲۰۴	رئیس حسابداری فروش	۳۷۷	۱۷۱۱	۲۶۷
۱۳	۲۰۵	رئیس حسابداری جاری	۸۲۷	۲۴۴۱	۳۲۱
۱۴	۲۰۶	دفتر امور مالی	۶۷۰	۲۶۰۲	۲۴۷
۱۵	۲۰۷	رئیس امور مالی	۶۵۲	۲۵۷۲	۳۲۲
۱۶	۲۰۸	حسابداری فروش	۴۹۲	۲۴۰۰	۴۰۵
۱۷	۲۰۹	حسابداری عمرانی	۴۸۳	۲۳۴۷	۳۹۹
۱۸	۲۱۰	حسابداری طرح‌ها	۶۸۹	۴۰۷۴	۱۴۷۰
۱۹	۳۰۱	اتاق باطری	۹۸۸	۷۳۱۹	۱۴۸
۲۰	۳۰۲	رئیس حسابداری	۷۵۳	۲۲۵۷	۳۵۴
۲۱	۳۰۳	بهره برداری	۱۲۶	۹۳۳	۳۲۰
۲۲	۳۰۴	حسابرسی	۶۳۰	۲۱۰۸	۳۳۶
۲۳	۳۰۵	هماهنگی سازمانها	۱۱۹۴	۳۲۶۰	۴۶۳
۲۴	۳۰۶	امور بهره برداری	۶۰۷	۲۰۳۸	۳۶۳
۲۵	۳۰۷	رئیس امور بهره برداری	۱۰۲۶	۲۹۶۶	۳۸۲
۲۶	۳۰۸	خدمات مشترکین	۶۶۸	۲۰۳۰	۳۳۶

جدول ۳۸.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۲۷	۳۰۹	حسابداری کالا	۷۹۵	۲۱۷۰	۳۶۲
۲۸	۳۱۰	محاسبات گاز	۸۲۰	۲۳۴۲	۳۶۲
۲۹	۳۱۱	رییس اندازه گیری	۹۹۴	۲۶۰۲	۴۲۹
۳۰	۳۱۲	اتاق کنترل	۱۳۶۴	۳۷۳۶	۴۳۹
۳۱	۳۱۳	بانک	۳۸۶۳	۲۱۴۴۵	۶۶۴۰
۳۲	۳۱۴	سرویس بهداشتی همکف شرقی	۲۹۵	۸۳۲	۷۰
۳۳	۳۱۵	سرویس بهداشتی همکف	۳۰۴	۷۱۰	۵۳
۳۴	۳۱۶	راهروهای طبقه اول	۱۱۱۹	۲۲۵۳	۶۸۵
۳۵	۳۱۷	راهروهای طبقه دوم	۲۰۲۰	۳۲۷۹	۶۸۵
۳۶	۳۱۸	راه پله همکف	۴۳۴	۳۰۶۵	۱۴۴
۳۷	۳۱۹	مهندسی فروش	۱۰۴۳	۳۷۱۵	۴۶۰
۳۸	۳۲۰	سرویس بهداشتی طبقه اول الف	۲۵۷	۵۵۳	۳۳
۳۹	۳۲۱	سرویس بهداشتی طبقه اول ب	۲۵۷	۴۷۸	۴۷
۴۰	۳۲۲	سالن کنفرانس	۷۶۸	۳۱۶۹	۴۲۹
۴۱	۳۲۳	راه پله طبقه اول	۴۸۵	۹۵۹	۹۴
۴۲	۳۲۴	آبدارخانه طبقه اول	۳۸۸	۱۰۸۴	۱۶۲
۴۳	۳۲۵	سرویس بهداشتی طبقه دوم ب	۳۴۸	۵۰۴	۷۳
۴۴	۳۲۶	سرویس بهداشتی طبقه دوم الف	۳۹۶	۷۱۱	۷۸

جدول ۳۹.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۴۵	۳۲۷	راهروهای طبقه دوم	۲۰۲۰	۳۲۷۹	۶۸۵
۴۶	۳۲۸	راه پله طبقه دوم	۹۰۳	۱۴۴۷	۲۳۵
					مجموع
					۳۹۶۴
					۱۶۸۲

جدول ۳۹.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان امور مشترکین

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	امور مشترکین	۴۰۱۷	۱۵۳۴۷	۲۶۴۱
۲	واحد عملیات و امداد	۴۷۷۵	۱۴۹۳۶	۱۴۵۹
				مجموع
				۱۷۹۹۵
				۱۶۳۹۵

جدول ۴۰.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان آموزش

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	امور فرهنگی و کامپیوتر	۹۳۸	۲۲۳۷	۱۹۴
۲	کارشناس آموزش	۱۳۵۰	۲۷۳۸	۱۸۲
۳	رییس آموزش	۲۲۳۳	۳۷۳۴	۲۰۵
۴	ماشین نویسی	۷۰۶	۱۵۶۸	۱۱۰
۵	کتابخانه	۱۸۱۰	۴۰۴۹	۲۴۱
۶	کارمند ارشد آموزش	۱۱۹۷	۵۵۴۲	۱۰۹
۷	انبار سمعی و بصری	۳۳۹	۹۸۵	۱۴۷
۸	کلاس	۲۴۹۰	۱۷۹۸۲	۱۰۱۷
۹	کلاس	۴۱۶۷	۹۱۱۳	۱۵۸۷
۱۰	کلاس	۲۶۸۱	۱۶۷۵۶	۹۷۲
				مجموع
				۲۴۳۱
				۲۹۲۰
				۳۹۳۹
				۱۶۷۸
				۴۲۹۰
				۵۶۵۱
				۱۱۳۲
				۱۸۹۹۹
				۱۰۷۰۰
				۱۷۷۲۸

جدول ۴۰.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان آموزش (ادامه)

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱۱	سالن پذیرایی	۱۲۲۸	۳۳۷۴	۹۹۱
۱۲	نمازخانه	۹۴۶	۲۲۰۰	۳۹۳
۱۳	آبدارخانه	۷۱۱	۱۵۸۸	۱۴۱
۱۴	انبار	۳۹۳	۶۵۸	۳۷
۱۵	راهروها	۳۷۹۳	۶۶۸۸	۴۶۶
۱۶	سرویس بهداشتی	۶۳۲	۱۱۰۷	۴۹
	مجموع			

جدول ۴۱.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان انبار کالا و بهره برداری

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۱	۱۰۱	تکنسین حفاظت کاتدی	۸۵۱	۲۷۴۰	۳۵۶
۲	۱۰۲	دفتر	۷۸۰	۲۶۱۶	۳۷۲
۳	۱۰۳	تکنسین تاسیسات	۷۸۰	۲۶۱۶	۳۷۲
۴	۱۰۴	تعمیرات و بهره برداری	۷۸۰	۲۶۱۶	۳۷۲
۵	۱۰۵	رییس تعمیرات	۱۸۳۸	۳۵۴۱	۳۳۸
۶	۱۰۶	تکنسین تاسیسات	۱۴۴۹	۲۹۲۶	۳۶۷
۷	۱۰۷	تکنسین شبکه	۷۴۴	۲۱۹۶	۳۶۷
۸	۱۰۸	مسئول امداد	۷۴۴	۱۵۰۷	۳۰۱
۹	۱۰۹	تکنسین تاسیسات	۷۳۴	۱۵۰۲	۲۹۱
۱۰	۱۱۰	مخابرات و تلمتری	۱۵۷۹	۳۷۹۰	۳۱۹
۱۱	۱۱۱	نمازخانه	۲۴۶۱	۶۰۹۳	۱۸۴۱
۱۲	۱۱۲	رییس امور کالا	۳۴۵۹	۸۰۸۵	۴۷۸
		مجموع			

جدول ۴۱.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان انبار کالا و بهره برداری (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۱۳	۲۰۱	امور کالا	۱۱۵۶	۳۳۵۳	۳۱۰
۱۴	۲۰۲	رسید و ارسال کالا	۱۵۴۴	۳۱۹۴	۳۶۶
۱۵	۲۰۳	مسئول عملیات کالا	۱۵۳۷	۳۲۵۱	۳۸۴
۱۶	۲۰۴	واحد خرید	۱۵۲۶	۳۲۱۶	۳۷۵
۱۷	۲۰۵	دفتر	۱۵۲۶	۳۲۱۶	۳۷۵
۱۸	۲۰۶	کنترل و تدارکات	۲۱۹۶	۳۹۱۱	۳۷۵
۱۹	۲۰۷	آنالیز موجودی انبار	۲۰۵۹	۳۴۲۲	۳۴۶
۲۰	۲۰۸	آنالیز اجناس اختصاصی	۱۳۸۹	۲۷۲۹	۳۴۶
۲۱	۲۰۹	مسئول کنترل کالا	۱۳۹۹	۲۷۵۶	۳۵۵
۲۲	۲۱۰	بازرسی کالا	۱۳۳۶	۲۶۳۹	۳۲۸
۲۳	۲۱۱	انبار	۱۵۷۴	۲۵۴۷	۲۵۰
۲۴	۲۱۲	دفتر	۲۲۶۱	۴۱۳۲	۳۵۶
۲۵	۲۱۳	راهروهای همکف	۳۴۵۹	۵۳۲۲	۱۷۱۴
۲۶	۲۱۴	راهروهای طبقه اول	۵۹۵۶	۸۶۰۹	۱۷۱۲
۲۷	۲۱۵	سرویس بهداشتی همکف	۲۱۵۰	۲۷۵۱	۲۲۸
۲۸	۲۱۶	سرویس بهداشتی طبقه اول	۱۹۷۲	۲۸۰۲	۱۹۶
۲۹	۲۱۷	آبدارخانه همکف	۴۶۶	۱۲۷۹	۱۷۶

جدول ۴۲.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	موتورخانه سردخانه	۷۰۱	۹۰۱	۲۵
۲	ورودی آقایان الف	۳۰۵۰	۴۱۱۶	۱۸۵
۳	ورودی آقایان ب	۳۰۵۰	۴۴۷۹	۱۹۲
۴	ورودی خانم‌ها الف	۱۱۷۸	۱۶۵۲	۴۱
۵	آماده سازی گوشت	۹۰۷	۱۵۸۵	۲۲۰
۶	انبار	۱۷۷۸	۳۴۵۱	۴۲۷
۷	انبار ملزومات	۱۳۹۹	۲۴۲۸	۳۳۸
۸	اتاق متصدی سالن	۹۴	۶۴۷	۱۲۵
۹	اتاق بیمانکار	۷۰	۴۳۲	۱۷۶
۱۰	اتاق برق	۹۹۹	۱۳۶۹	۴۱
۱۱	آبدارخانه مدیریت	۴۳	۲۲۷	۹۳
۱۲	آشپزخانه	۶۱۲۷	۳۰۲۲۹	۱۱۴۲۹
۱۳	بوفه	۱۷۸۸	۳۲۱۷	۱۴۹
۱۴	تالار اجتماعات	۲۴۹۷۹	۶۵۴۸۲	۸۲۰۰
۱۵	راهروها	۶۹۵	۱۴۹۶	-
۱۶	سرویس مدیریت	۳۱۲	۵۲۵	۴۰
۱۷	سرویس بهداشتی آقایان	۲۱۳۶	۳۳۰۶	۲۰۷
۱۸	سرویس بهداشتی خانم‌ها	۵۰۱	۷۷۶	۱۰۴
۱۹	سردخانه زیر صفر	۷۷۶	۱۰۰۱	۲۶
۲۰	سردخانه بالای صفر	۵۵	۱۷۸	۳۵
۲۱	غذاخوری آقایان	۷۷۹۷	۴۵۱۰۹	۱۴۳۵۷
۲۲	غذاخوری خانم‌ها	۱۳۵۱	۴۳۱۰	۱۵۵۷
۲۳	ظرفشویی و دیگ‌شویی	۱۹۹۳	۴۳۱۴	۴۲۹
۲۴	فروش ژتون	۲۰۰۷	۳۵۵۷	۲۱۵

۳.۲ راه کارهای بهینه‌سازی در ساختمان‌ها

فرصت‌های صرفه جویی انرژی^۱ یا در اصطلاح ECO مجموعه اقداماتی است که در نتیجه آن مصرف انرژی در ساختمان کاهش می‌یابد. در یک دسته‌بندی کلی فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی براساس میزان هزینه اولیه و جاری به انواع زیر دسته‌بندی می‌شوند.

- بدون هزینه
- کم هزینه
- متوسط یا پرهزینه

پارامترهای نرخ بازگشت سرمایه و مدت زمان برگشت سرمایه برای تحلیل اقتصادی محک مناسبی برای این دسته‌بندی می‌باشند. به عنوان مثال فرصت‌های پرهزینه دارای زمان بازگشت سرمایه بالا بوده و ممکن است برای یک سازنده شخصی مقرون به صرفه نباشند. در یک دسته‌بندی دیگر فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی برحسب اینکه نتیجه مستقیم آنها در کدام قسمت ساختمان مشاهده شود، تقسیم‌بندی می‌گردند. در این دسته‌بندی فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی به شش بخش زیر تقسیم شده‌اند.

۱. پوشش ساختمان
۲. گرمایش و سرمایش فضا
۳. آب گرم مصرفی
۴. گرمایش و سرمایش مواد غذایی
۵. سیستم روشنایی
۶. لوازم برقی

به عنوان مثال بکارگیری لامپ‌های فلورسنت فشرده (CFL) در مصرف انرژی سیستم روشنایی تاثیر مستقیم دارد همچنین با تغییر درجه حرارت داخل ساختمان می‌توان صرفه‌جویی انرژی قابل توجهی داشت که مربوط به بخش گرمایش و سرمایش فضا می‌باشد.

مجموعه تمام فرصت‌های صرفه‌جویی را می‌توان در جدول ۳.۲ خلاصه نمود [۸].

¹ Energy Conservation Opportunities

جدول ۴۳.۲: مجموعه فرصت‌های صرفه‌جویی

ردیف	شرح	بخش							هزینه اولیه		
		پوشش ساختمان	گرمایش و سرمایش فضا	آب گرم مصرفی	گرمایش و سرمایش مواد غذایی	سیستم روشنایی	لوازم برقی	بدون هزینه	کم هزینه	پرهزینه	
۱	بکارگیری پرده و کرکره برای پنجره‌ها	*							*		
۲	درزگیری اطراف درها و پنجره‌ها	*							*		
۳	بکارگیری فنرهای مخصوص یا سیستم الکتریکی برای بسته شدن درها	*							*		
۴	بکارگیری پنجره‌های دویا چند جداره بجای پنجره‌های یک جداره	*							*		
۵	بکارگیری احساسگرهای حضور برای کلیدهای روشنایی	*							*		
۶	بکارگیری عایق‌های حرارتی در دیوارهای خارجی ساختمان	*							*		
۷	بکارگیری سوخت گاز طبیعی بجای گازوئیل در مشعل سیستم گرمایش مرکزی		*	*					*		
۸	تنظیم بهینه دمای اتاق‌ها در فصول سرد		*						*		
۹	تنظیم بهینه دمای اتاق‌ها در فصول گرم		*						*		
۱۰	پرهیز از گرمایش و سرمایش فضاهای بدون حضور افراد (unoccupied)		*						*		

جدول ۴۳.۲ (ادامه): مجموعه فرصت‌های صرفه‌جویی

ردیف	شرح	بخش							هزینه اولیه			
		پوشش ساختمان	گرمایش و سرمایش فضا	آب گرم مصرفی	گرمایش و سرمایش مواد غذایی	سیستم روشنایی	لوازم برقی	بدون هزینه	کم هزینه	پرهزینه		
۱۱	اجرای برنامه مرتب نگهداری تجهیزات گرمایش و سرمایش		*							*		
۱۲	عایقکاری لوله‌ها و کانالهای هوا		*							*		
۱۳	استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه برای کارکرد تجهیزات گرمایش یا سرمایش		*	*						*		
۱۴	بکارگیری ترموستاتهای تایمردار با تنظیم شبانه (Night Setback)		*							*		
۱۵	بکارگیری تایمر برای تجهیزات گرمایش و سرمایش		*							*		
۱۶	استفاده بهینه از نور طبیعی		*			*				*		*
۱۷	استفاده از رنگهای روشن برای دیوارها و سقف		*						*			*
۱۸	بکارگیری لامپهای فلورسنت بجای لامپهای رشته‌ای		*			*				*		*
۱۹	بکارگیری لامپهای فلورسنت فشرده (CFL) بجای لامپهای رشته‌ای		*			*				*		*
۲۰	بکارگیری کلیدهای روشنایی چند پل برای اتاقها		*			*				*		*
۲۱	بکارگیری لوازم برقی دارای برچسب انرژی و بازدهی بیشتر		*			*				*		*
۲۲	استفاده از روشنایی موضعی		*			*				*		*

جدول ۴۳.۲ (ادامه): مجموعه فرصت‌های صرفه‌جویی

ردیف	شرح	بخش							هزینه اولیه			
		پوشش ساختمان	گرمایش و سرمایش فضا	آب گرم مصرفی	گرمایش و سرمایش مواد غذایی	سیستم روشنایی	لوازم برقی	بدون هزینه	کم هزینه	پرهزینه		
۲۳	تمیز کردن مرتب حباب لامپها و چراغها					*				*		
۲۴	جایگزینی یا عایقکاری منبع ذخیره آب گرم مصرفی			*						*		
۲۵	عایقکاری تجهیزات گرمایش		*	*						*		
۲۶	دور از دسترس قرار دادن کنترلها		*			*				*		
۲۷	نصب تابلوهای تبلیغاتی برای تشویق افراد به مصرف صحیح		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

در بخش بعد تمام راه‌کارهایی که قابلیت اجرا در ساختمان‌های مشروحه را داشته مطرح شده و از لحاظ میزان صرفه‌جویی، هزینه‌ی اجرا و زمان بازگشت سرمایه مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت با توجه به مقررات موجود و اولویت‌های فنی تعدادی از راه‌کارها به عنوان استاندارد ساختمان انتخاب می‌شوند.

۱.۳.۲ عایقکاری جداره‌ها

عایق کاری حرارتی موجب کاهش انتقال حرارت جداره‌ها خواهد شد. بنابراین یکی از بهترین راهکارهای کاهش مصرف انرژی می‌باشد. بار سرمایشی یک جداره بدون عایق بصورت زیر محاسبه می‌شود [۸].

$$Q = U_1 \cdot A \cdot CLTD_1 \quad (1-2)$$

که در آن U_1 ضریب انتقال حرارت جدار بدون عایق، A مساحت جداره و $CLTD_1$ اختلاف دمای بار

سرمایشی دیوار می باشد و در برگیرنده اثرات هدایتی و تابشی می باشد. با فرض ثابت بودن A ، اگر جدار عایق کاری شود،

$$Q = U_2 \cdot A \cdot CLTD_2 \quad (2-2)$$

در رابطه فوق U_2 ضریب انتقال حرارت جدار بعد از عایقکاری و $CLTD_2$ اختلاف دمای بار سرمایشی دیوار بعد از عایقکاری آن می باشد. U_2 از رابطه زیر محاسبه می شود [۸].

$$U_2 = \frac{K \cdot U_1}{K + L \cdot U_1} \quad (3-2)$$

در این رابطه K هدایت حرارتی و L ضخامت عایق می باشد. لذا کاهش بار سرمایشی جداره نسبت به حالت قبل برابر با رابطه‌ی ذیل می باشد.

$$\text{درصد کاهش بار سرمایشی} = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{U_2}{U_1} \times 100 \times \frac{CLTD_2}{CLTD_1} = \frac{K}{K + L \times U_1} \times 100 \times \frac{CLTD_2}{CLTD_1} \quad (4-2)$$

بنابراین پایین بودن هدایت حرارتی عایق و یا بالا بودن ضخامت آن باعث کاهش بار خواهد شد، منوط به اینکه تاثیر آن بر روی اختلاف دمای بار سرمایشی منجر به افزایش بار نگردد [۸].
بار گرمایشی یک جداره بدون عایق به صورت زیر محاسبه می شود.

$$Q = U_1 \cdot A \cdot \Delta T \quad (5-2)$$

که در آن U_1 ضریب انتقال حرارت جدار بدون عایق، A مساحت جدار و ΔT اختلاف دمای طرفین دیوار می باشد که در برگیرنده اثرات هدایتی می باشد. با فرض ثابت ماندن A و ΔT و اگر جدار عایقکاری شود،

$$Q = U_2 \cdot A \cdot \Delta T \quad (6-2)$$

که در آن U_2 ضریب انتقال حرارت بعد از عایق کاری می باشد. U_2 از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$U_2 = \frac{K \cdot U_1}{K + L \cdot U_1} \quad (7-2)$$

در رابطه فوق K ضریب هدایت حرارتی و L ضخامت عایق می باشد. کاهش بار گرمایشی جداره نسبت به حالت قبل عبارتست از،

$$\text{درصد کاهش بار گرمایشی} = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{U_2}{U_1} \times 100 = \frac{K}{K + L \times U_1} \times 100 \quad (8-2)$$

بنابراین در اینجا نیز هر چه ضریب هدایت حرارتی عایق پایین‌تر باشد و یا ضخامت آن بیشتر باشد، درصد کاهش بار بیشتر خواهد شد.

انرژی سالانه سرمایشی یک ساختمان برابر با جمع بارهای سرمایشی ساعتی ساختمان می باشد. اگر انرژی سالانه سرمایشی یک ساختمان بدون عایقکاری برابر E1 کیلووات ساعت باشد، بعد از عایقکاری حرارتی بارهای ساعتی ساختمان در صورت استفاده از سیستم سرمایش کنترل‌گرفته می‌یابد و در نتیجه انرژی سرمایشی ساختمان کاهش می‌یابد. لذا با محاسبه دوباره مجموع بارهای ساعتی می‌توان میزان کاهش انرژی مورد نیاز را بیان کرد. عایق‌کاری حرارتی موجب کاهش انرژی گرمایشی سالانه ساختمان می‌شود.

عایق‌کاری دیوارها

دیوارها در حدود پنجاه درصد از انرژی داخل ساختمان را هدر می‌دهند. در تابستان باعث گرم شدن فضای ساختمان و در زمستان باعث انتقال گرما به بیرون و در نتیجه سرد شدن فضای داخلی می‌گردند. هر چه ضریب انتقال حرارت هدایتی دیوارها بالاتر باشد، این اتلافات حرارتی کمتر خواهد شد. در نتیجه با عایق‌کاری حرارتی جدار خارجی می‌توان مانع از اتلاف حرارتی شد. این راهکار برای ساختمان‌های مرکزی، مهندسی، آموزش، کالا و رستوران ارائه شده و میزان صرفه‌جویی و هزینه‌های آن در جداول ذیل ارائه شده‌است. شایان ذکر است دیوارهای ساختمان بانک و امور مشترکین عایق‌کاری بوده و از اینرو در این بخش تنها عایق‌کاری دیگر ساختمان‌ها لحاظ شده‌است.

جدول ۴۴.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان مرکزی

۱۷,۷۹۳,۹۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۲۵۵,۹۶۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۲۷,۱۰۵,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۶۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۴,۹۴۹,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۳/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

^۱ چگونگی تعیین ارقام موجود در این جدول و جداول مشابه در پیوست ارائه شده است.

جدول ۴۵.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان مهندسی

۹,۱۴۹,۴۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۳۲,۰۱۹,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۳,۹۹۸,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۶۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۵۵۶,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۳/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۴۶.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان آموزشی

۴,۲۰۷,۵۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۶۳,۲۷۵,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۸/۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۶,۷۰۰,۴۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۶۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۲۲۳,۵۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۳/۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۴۷.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان کالا

۸,۰۶۳,۱۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۹,۷۷۸,۲۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱۱/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۰۳۵,۴۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۷۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۸۹۰,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۴/۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۴۸.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان رستوران

۱۹,۶۳۳,۸۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۴۰۷,۲۶۲,۷۹۲	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴۳,۱۲۴,۶۲۵	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۴۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۷,۸۷۴,۶۱۷	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲/۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

عایقکاری بام

یکی از بهترین روش‌های عایقکاری سقف‌های ساختمان‌ها استفاده از عایق‌های پیش ساخته شده صلب می‌باشد. لایه‌ی رویی این عایق‌ها تشکیل شده از یک صفحه غیرقابل نفوذ در برابر رطوبت و قسمت‌های داخلی شامل مواد مختلفی همچون فوم‌های پلاستیکی، فواصل هوایی، چوب و مواد عایق معمولی می‌باشند که در نهایت تشکیل یک پانل غیرقابل انعطاف را می‌دهند. استفاده از اینگونه عایق‌ها برای بام‌های ساختمان‌ها باعث ۷۰ تا ۹۰ درصد کاهش در تبادل حرارت از راه سقف می‌گردد که به نوبه خود بی‌نظیر است. لذا به همین میزان در بخشی از انرژی که برای جبران بار سقف مصرف می‌گردد می‌توان صرفه‌جویی نمود. با توجه به وجود عایق در سقف ساختمان‌های بانک، امور مشترکین و رستوران، تاثیر استفاده از عایق بام تنها برای دیگر ساختمان‌ها بررسی شده و نتایج آن در جداول ذیل ارائه شده است.

جدول ۴۹.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان مرکزی

۶,۶۴۴,۴۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۷۸,۸۸۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
۲/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۸,۳۵۲,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۵۲۵,۲۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۴/۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۰.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان مهندسی

۷,۱۷۶,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۲۵,۴۷۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۷/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۳۲۸,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۵۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۴۲۶,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲/۹۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۱.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان آموزش

۳,۷۱۷,۷۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۵,۰۸۵,۹۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۵,۳۸۵,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۹۸۳,۳۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۳/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۲.۲: به‌کارگیری عایق حرارتی بام برای ساختمان کالا

۴,۲۸۲,۷۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۴۳,۸۶۹,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۵/۱۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۶۴۵,۴۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۸۴۸,۲۲۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۲.۳.۲ بکارگیری پنجره‌های چند جداره

بکارگیری پنجره‌های چند جداره به سه طریق موجب کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی می‌شوند.

۱. کاهش بار حاصل از نفوذ طبیعی هوا

چنانچه یک پنجره ساده و دویل را در نظر بگیریم میزان نفوذ هوا در نوع دویل کمتر از نوع ساده می باشد و در نتیجه بارهای گرمایشی و سرمایشی در نوع دویل کاهش خواهند یافت.

کاهش بار هدایتی شیشه

بار سرمایشی یا گرمایشی هدایتی شیشه بصورت زیر محاسبه می شود.

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (9-2)$$

در رابطه‌ی فوق U ، ضریب انتقال حرارت مجموعه پنجره، A مساحت شیشه و ΔT اختلاف دمای داخل و بیرون در فصل زمستان و اختلاف دمای بار سرمایشی (CLTD) برای فصل تابستان می باشد. مطابق با جداول موجود در مبحث ۱۹ پنجره‌ی ساده با قاب فلزی ضریب انتقال حرارتی برابر با $4/2$ داشته در حالیکه برای پنجره‌ی دو جداره با قاب فلزی این ضریب برابر با $3/1$ (با فرض وجو لایه‌ی ۶ میلیمتری هوا) می باشد. همچنین جنس قاب پنجره‌ها نیز تاثیر به‌سزایی در میزان مقاومت دارد به طوریکه برای پنجره‌ی دو جداره‌ی حالت قبل با استفاده از قاب upvc به جای فلزی میزان ضریب انتقال حرارت به $2/6$ کاهش می یابد.

کاهش بار تابشی شیشه

این کاهش فقط مربوط به بارهای سرمایشی است. بار سرمایشی تابشی شیشه از رابطه زیر بدست می آید [۷].

$$Q_{glass,solar} = MSHG \times CLF \times A \times SC_I \times SC_E \quad (10-2)$$

در رابطه‌ی فوق، $MSHG$ ماکزیمم گرمای خورشیدی^۱ می باشد که برحسب عرض جغرافیایی محل و ماه مورد نظر از جداول مذکور قابل استخراج است.

ضریب CLF فاکتور بار سرمایشی^۲ می باشد و برای ساعت مورد نظر از جداول مربوطه استخراج می شود [۸]. A مساحت شیشه، SC_I ضریب سایه داخلی^۳ و SC_E ضریب سایه خارجی^۴ می باشد. پرده ها و کرکره‌ها موجب کاهش SC_I و در نتیجه کاهش بار سرمایشی تابشی شیشه می شوند. اما پنجره‌های دو یا چند جداره نیز نسبت به پنجره‌های ساده موجب کاهش SC_I و در نتیجه کاهش بار

¹ Maximum Solar Heat Gain

² Cooling Load Factor

³ Internal Shading Coefficient

⁴ External Shading Coefficient

سرمایشی شیشه می‌شوند. با مراجعه به جداول ضریب سایه و استخراج مقادیر ضریب سایه پنجره های دو یا چند جداره محاسبات این فرصت صرفه‌جویی طبق رابطه فوق صورت خواهند پذیرفت. نتایج حاصل از تغییر پنجره‌ها از ساده به دو جداره و یا از قاب فلزی به قاب upvc و یا هر دو در جداول ذیل ارائه شده‌است.

جدول ۵۳.۲: تعویض قاب‌ها از فلزی به upvc در ساختمان مرکزی

۱۳۵,۴۶۲,۲۵۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۳۷,۹۶۲,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۱۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۰۱۹,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۳۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۷,۳۴۰,۰۱۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱۸۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۴.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دو جداره با قاب upvc در ساختمان مهندسی

۹۲,۱۴۲,۲۵۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۶۵,۴۰۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱۰	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۷,۵۱۴,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۵۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۱۹۸,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲۸/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۵.۲: تبدیل شیشه‌ها با قاب فلزی به قاب upvc در ساختمان بانک

۲۷,۸۰۷,۵۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۳۶,۴۹۳,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۲	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۳,۸۶۴,۴۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۷/۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۷۰۵,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۳۹/۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۵۶.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان امور مشترکین

۱۲,۹۵۱,۹۵۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۹,۵۴۷,۵۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۳/۰۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۰۱۱,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱۲/۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی(سال)
۱۸۴,۶۱۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۷۰	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده(سال)

جدول ۵۷.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان آموزش

۱۸,۲۹۴,۸۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۸,۷۸۷,۹۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۲	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۹۳۰,۵۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱۹/۶۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی(سال)
۱۶۹,۹۲۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱۰۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده(سال)

جدول ۵۸.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان کالا

۳۸,۵۴۲,۸۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱,۸۳۱,۹۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۲/۱۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۹۳۹,۸۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱۹/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی(سال)
۳۵۴,۲۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱۰۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده(سال)

جدول ۵۹.۲: تبدیل شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در ساختمان رستوران

۵۵,۲۴۷,۴۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۴۰,۴۰۳,۸۶۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۲۷۸,۵۲۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی(سال)
۷۸۱,۲۲۸	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۷۰	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده(سال)

۳.۳.۲ تنظیم دما

معمولاً برای تامین شرایط آسایش دمای داخل اتاق در فصل تابستان $23/18^{\circ}\text{C}$ و در فصل زمستان $21/5^{\circ}\text{C}$ در نظر گرفته می‌شود. بر طبق استانداردهای ASHRAE با حفظ رطوبت نسبی در حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد می‌توان دمای داخل اتاق را در فصل تابستان روی $25/5^{\circ}\text{C}$ و در فصل زمستان روی $18/3^{\circ}\text{C}$ تنظیم کرد.

با تنظیم دمای اتاق‌های ساختمان‌ها روی دماهای فوق در فصول زمستان و تابستان مقدار ΔT کاهش می‌یابد و بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان و مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی ساختمان بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهند یافت. تجربه نشان می‌دهد که در فصول سرد به ازای یک درجه کاهش دمای اتاق ۱/۴٪ کاهش مصرف انرژی و در فصول گرم با افزایش یک درجه سانتیگرادی به دمای اتاق ۱/۱٪ کاهش مصرف مشاهده می‌گردد [۸]. این راهکار فقط در ساختمان‌هایی اجرایی است که قابلیت تنظیم دما را داشته باشند.

جدول ۶۰.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان مرکزی

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۱۷۱,۵۴۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۵/۳۶	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۸,۱۶۶,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی(سال)
۳,۳۱۶,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده(سال)

جدول ۶۱.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان مهندسی

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۱۷۲,۶۲۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۱۰/۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۸,۲۷۹,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۳۳۷,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۲.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان بانک و امورمالی

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۶۳,۶۰۷,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۳/۶	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۶,۷۳۵,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۲۲۹,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۳.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان امورمشترکین

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۱۲,۱۴۴,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۳/۸۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۲۸۶,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲۳۴,۸۱۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۴.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان آموزش

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۲,۰۳۱,۵۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۲/۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۲,۱۵۱,۲۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳۹۲,۷۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۵.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان کالا

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال)
۴,۳۴۶,۷۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۵/۱	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۶۰۲,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۸۴۰,۴۵۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۶.۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان رستوران

-	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۷]
۱۳۲,۱۳۷,۰۶۵	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۳,۹۹۲,۵۰۲	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۵۵۴,۹۳۲	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
-	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۴.۳.۲ استفاده از نوار درزبند

نفوذ هوا به داخل ساختمان همواره یکی از طرق مهم دفع حرارت در زمستان و جذب حرارت در تابستان می‌باشد مقدار هوای نفوذی بستگی دارد به میزان درز موجود بین درها و پنجره‌ها، ارتفاع ساختمان، کیفیت رو کار ساختمان، جهت و سرعت وزش باد و یا مقدار هوایی که برای تهویه یا تعویض در نظر گرفته می‌شود. با ورود هوای خارج مقداری از حرارت داخل ساختمان بصورت گرمای نهان در اثر اختلاف رطوبت نسبی داخل و خارج و مقداری نیز به صورت گرمای محسوس ناشی از اختلاف دماهای خشک داخل و خارج تلف می‌گردد. استفاده از نوارهای درزبند تا حد بالایی از نفوذ هوا از درز درها و پنجره‌ها جلوگیری می‌کند اگر در و پنجره‌ها درزبندی نشوند مقدار هوای نفوذی باعث اتلاف انرژی و افزایش بار سرمایشی و گرمایشی می‌شود. اما اگر پنجره‌ها به طور متوسط و یا خوب درزبندی شوند مقدار نفوذ و در نتیجه بار سرمایشی و گرمایشی حاصل از نفوذ طبیعی هوا به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. کاهش بارهای گرمایشی و سرمایشی نیز به نوبه خود بر کاهش ظرفیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش و هزینه اولیه آنها و مصرف انرژی این سیستم‌ها تاثیر می‌گذارد. در ادامه تاثیر استفاده از درزبندها در ساختمان‌ها ارائه شده است.

جدول ۶۷.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان مرکزی

۳۹۵,۹۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۲۷۲,۴۵۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۸/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۲,۸۸۵,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۱۳۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۵,۲۶۷,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۰۷۵۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۸.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان مهندسی

۱۸۹,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۶۱,۲۳۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۹/۶۹	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۷۰۷,۳۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۱۱	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۱۱۷,۴۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۰۰۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۶۹.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان بانک و امور مالی

۷۱,۰۴۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۳۵,۵۳۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۷/۶	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۴,۳۵۲,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۰۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۶۲۰,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۰۲۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۰.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان امور مشترکین شرق

۲۹,۷۶۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۴,۲۸۵,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۴/۶	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۵۱۲,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲۷۶,۲۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۱۱	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۱.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان آموزش

۸۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۲۶,۶۶۳,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۳/۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۲,۸۲۳,۵۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۵۱۵,۵۴۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۲.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان کالا

۱۶۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۴,۷۳۴,۸۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۵/۵۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۵,۰۱۳,۸۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۹۱۵,۴۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۱۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۳.۲: استفاده از درزبند برای ساختمان رستوران

۲۲۶,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۷۸,۹۴۵,۱۰۳	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۶/۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۸,۹۴۹,۱۸۵	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۰۱	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۴۵۹,۹۸۷	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۰/۰۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۵.۳.۲ بکارگیری برچسب‌های بازتابنده نور خورشید

برچسب‌های بازتابنده نور خورشید به صورت برچسب‌های شفاف ساخته می‌شوند و به راحتی می‌توان آنها را بر روی شیشه پنجره‌ها چسباند و بخشی از خواص پنجره‌های دو جداره را در آنها به وجود آورد. این برچسب‌ها باعث می‌شوند ورود گرما در تابستان تا ۸۰٪ کاهش یابد [۸]. علاوه بر این انواع کم تابش این محصولات قادرند تلفات حرارتی و زمستانی را نیز تا ۳۰٪ کاهش دهند. این عایق‌ها از نظر قیمت با پنجره‌های دو جداره قابل رقابت هستند. بویژه در ساختمان‌های موجود که تعویض پنجره‌ها با پنجره‌های دو جداره هزینه زیادی به همراه خواهد داشت. بررسی جداول ضریب سایه نشان می‌دهد که شیشه‌های انعکاسی نسبت به شیشه‌های ساده دارای مقادیر پایین تری می‌باشند و در نتیجه موجب کاهش بار سرمایشی تابشی شیشه می‌شوند. نصب برچسب‌های SCI بازتابنده نور خورشید نیز می‌تواند باعث کاهش تشعشع عبوری از شیشه‌ها شود که هزینه اولیه آن نیز پایین می‌باشد. کاهش بار تابشی شیشه موجب کاهش ظرفیت و مصرف انرژی سیستم سرمایشی خواهد شد.

جدول ۷۴.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان مرکزی

۷,۱۶۱,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۳۸,۱۰۱,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۲	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۰۳۴,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۷۳۶,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۹/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۵.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان مهندسی

۳,۴۵۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۱۳۱,۹۳۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۷/۹	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۳,۹۷۰,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۲۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۵۵۰,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱/۳۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۶.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان بانک و امور مالی

۱,۴۷۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۸,۸۰۱,۸۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۰/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۹۳۲,۰۶۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱۷۰,۱۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۸/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۷.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان امورمشترکین شرق

۵۶۷,۳۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۷,۹۰۷,۷۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۲/۵۲	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۸۳۷,۳۷۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱۵۲,۹۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۳/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۸.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان آموزش

۷۵۶,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۹,۱۷۷,۹۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۱/۳	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۹۷۱,۸۸۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱۷۷,۴۶۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۴/۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۷۹.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان کالا

۱,۵۹۶,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۵,۸۱۲,۷۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۰/۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۶۱۵,۵۳۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۲/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱۱۲,۳۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۰.۲: استفاده از برچسب شیشه‌ای برای ساختمان رستوران

۲,۲۸۹,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۹]
۳۱,۵۶۵,۱۴۳	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۱/۱۸	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۳,۳۴۲,۵۵۴	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۶۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۶۱۰,۳۲۶	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۳/۷۵	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۶.۳.۲ استفاده از منابع نوری راندمان بالا

پس از انجام محاسبات و امکان‌سنجی جایگزینی بهینه منابع نوری موجود با منابع نوری راندمان بالا، صرفه‌جویی حاصل از آن برای ساختمان‌ها در جداول ذیل ارائه شده است. این راهکار می‌تواند شامل تعویض لامپ‌های رشته‌ای یا کم مصرف یا کاهش لامپ‌ها شود.

جدول ۸۱.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان مرکزی

۱۱,۶۲۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۰۰,۶۳۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۳/۱۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۰,۶۵۶,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱/۰۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۹۴۵,۷۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۵/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۲.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان مهندسی

۷,۰۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۷۵,۸۰۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۱۰/۶	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۸,۶۱۶,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۳۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۳۹۹,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۳.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان بانک و امور مالی

۸,۴۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۷۰,۳۶۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۹/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۸,۰۴۰,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۴۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۳,۲۹۴,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۴.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان امورمشترکین شرق

۸۴۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۵,۳۳۲,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۹/۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۶۲۳,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۵۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲۹۶,۴۶۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲/۸۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۵.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان آموزش

۲,۶۰۴,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۴,۶۱۶,۲۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
%۶/۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۸۸۸,۲۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۰/۵۳	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۸۹۲,۵۶۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۶.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان کالا

۳,۹۲۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۳,۵۶۶,۳۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۴/۲	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۳,۷۷۶,۵۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۶۸۹,۵۵۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۵/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۷.۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان رستوران

۱۵,۹۶۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۴۳,۵۵۴,۲۴۵	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۵/۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۵,۲۰۱,۵۱۱	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۷۷۵,۶۸۸	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۵/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۷.۳.۲ تعویض بالاست مغناطیسی با بالاست الکترونیکی

با توجه به تلفات در چوک‌های مغناطیسی مهتابی (ترانس مهتابی) استفاده از بالاست های الکترونیکی می‌تواند عامل مهمی در کاهش تلفات ترانس محسوب شود، مضاف بر اینکه دیگر نیازی به استفاده از خازن جهت اصلاح ضریب توان و استارت نیز نمی‌باشد. بنابراین پس از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات صورت گرفته در جدول ذیل امکان صرفه‌جویی ناشی از این راهکار برای ساختمان‌ها که تقریباً تمامی لامپ‌های آن‌ها (به جز تعدادی محدود) از نوع مهتابی می‌باشد، ارائه شده است.

جدول ۸۸.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان مرکزی

۱۲,۴۵۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱,۴۷۵,۶۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۳	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۵۶۲,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۷/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲۸۵,۳۲۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲۳/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۸۹.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان مهندسی

۷,۵۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱۱۹,۰۸۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۷/۱۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱۲,۶۱۰,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱/۶۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲,۳۰۲,۵۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۳/۲۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۹۰.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان بانک و امور مالی

۹,۰۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۵۹,۷۱۱,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۳/۳۴	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۶,۳۲۳,۰۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۱/۴۲	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱,۱۵۴,۵۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۷/۸	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۹۱.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان امورمشترکین

۹۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۲,۱۷۷,۳۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۰/۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۲۳۰,۵۷۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۳/۹	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۴۲,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (ریال در سال)
۲۱/۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده (سال)

جدول ۹۲.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان آموزش

۲,۷۹۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۶,۴۳۰,۰۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۰/۹	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۶۸۰,۸۹۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۱۲۴,۳۳۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲۲/۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۹۳.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان کالا

۴,۲۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۱,۰۸۱,۳۰۰	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۲۷	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۱,۱۴۵,۱۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۳/۷	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۲۰۹,۰۸۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۲۰	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

جدول ۹۴.۲: تعویض بالاست در مهتابی‌های فلورسنت برای ساختمان رستوران

۱۰,۸۰۰,۰۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری (ریال) [۱۰]
۳۹,۶۹۶,۲۸۶	مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (KJ)(در سال)
٪۱/۵	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل (در سال)
۴,۲۰۳,۶۰۰	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه ملی (ریال در سال)
۲/۶	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی (سال)
۷۶۷,۵۴۶	هزینه صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف کننده (ریال در سال)
۱۴	زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف کننده (سال)

۸.۳.۲ سایر راه‌کارهای بهینه‌سازی

علاوه بر راهکارهای ذکر شده غالباً توصیه‌های زیر در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان صورت می‌گیرد.

سفید کردن بام‌ها و دیوارهای خارجی ساختمان

برای محاسبه بار سرمایشی دیوارهای خارجی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$Q=U \times A \times CLTD \quad (11-2)$$

مقدار CLTD برای دیوارهای روشن و تیره متفاوت است. برای دیوارهایی که روشن یا تیره هستند، در محاسبه CLTD، لایه نمای خارجی نیز در استخراج گروه دیواره در نظر گرفته می‌شود.

عایقکاری لوله های تاسیسات

در محاسبه بارهای سرمایشی ساعتی و بیشینه یک ساختمان بار سرمایشی از لوله های تاسیسات مورد محاسبه قرار می‌گیرد. بار سرمایشی ناشی از انتقال حرارت توسط جداره‌های لوله ها مدنظر می‌باشد. این بارها در حالتی که لوله ها عایق کاری نشده باشند در حدود ۸ درصد بار کل ساختمان در نظر گرفته می‌شود و با عایق‌بندی به ۲ درصد کاهش می‌یابد [۸]. در مورد ساختمان‌ها از آنجا که اطلاعات دقیقی از طول لوله‌ها موجود نبود، از محاسبات این بخش صرف‌نظر شده‌است.

کاهش نسبت سطح پنجره ها به سطح کل دیوارهای خارجی ساختمان

کاهش سطح پنجره‌ها در یک ساختمان، همواره می‌تواند به عنوان یک فرصت صرفه‌جویی مؤثر مورد توجه قرار گیرد. کمتر بودن انتقال حرارت در دیوارها به دو دلیل است. دلیل اول پایین بودن ضریب انتقال حرارت هدایتی دیوارها نسبت به پنجره‌ها می‌باشد. ضریب انتقال حرارت دیوارهای متداول بین ۰/۵ تا ۳/۰ و ضریب انتقال حرارت پنجره‌های متداول بین ۲/۵ تا ۵ وات بر متر مربع به ازای هر درجه سانتیگراد اختلاف دما می‌باشد. وقتی این اعداد در مساحت و اختلاف دما ضرب شوند، تفاوت بارهای گرمایشی یا سرمایشی محسوس‌تر خواهد بود. دوم اینکه در تابستان بار سرمایشی تابش خورشیدی از طریق پنجره‌ها بیش از دیوارها منتقل می‌شود.

استفاده از چیلر جذبی بجای چیلر تراکمی

چیلرهای جذبی به دلیل مصرف برق پایین نسبت به چیلرهای تراکمی مورد توصیه می‌باشند.

تعویض لامپهای نیم سوخته و سوخته

اصولا در طراحی روشنایی هر فضا میزان روشنایی مورد نظر برای آن بگونه‌ای در نظر گرفته می‌شود تا خواسته‌های طراح را اجابت نماید. با گذر زمان وجود لامپ‌های نیم سوخته و سوخته می‌تواند عامل بسیار مهمی در کاهش آسایش روشنایی ساکنین آن فضا گردیده و راندمان کاری آنها را کاهش دهد.

تمیز نگه داشتن سطح لامپ و رفلکتور

تاسیسات روشنایی نصب شده به تدریج تحت تاثیر شرایط محیطی قرار گرفته و از درخشندگی لامپ و رفلکتور آن کاسته می‌شود که این، چون در زمان طولانی حادث می‌شود کاهش بازده نوری را نمایان نمی‌کند و کاهش نور امری طبیعی جلوه می‌کند. حال آنکه سرویس و تمیزکاری منابع نوری و سطوح انعکاس دهنده نور، روشنایی متصاعد شده را بطور کامل در اختیار ساکنین فضا قرار می‌دهد. بنابراین برنامه سرویس و نگهداری از اهمیت خاصی برخوردار بوده چرا که در بلند مدت صرفه جویی حاصل از آن بسیار چشمگیر خواهد بود. (در برخی ساختمان‌ها این میزان صرفه جویی تا ۱۵٪ محاسبه شده است) [۸].

۴.۲ راه کارهای پیشنهادی

بدیهی است اعمال کلیه راه کارهای ارائه شده در فصل قبل توجیه اقتصادی و فنی مناسبی ندارد. با توجه به میزان صرفه جویی و اولویت اجرا می‌توان بر اساس ضوابط، حالت استاندارد را برای ساختمان‌ها تعریف نمود. برای رسیدن به حالت استاندارد مورد تایید ساختمان‌ها با توجه به مقررات موجود لازم است راه کارهایی مطابق زیر اعمال شود.

- استاندارد استفاده از نوار درزبندی

مطابق با الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در صورتی که درزبندی دور قابهای در و پنجره مناسب نباشد لازم است با استفاده از نوارهای درزبند از نفوذ هوا ممانعت شود. در جدول ۶۷.۲ تا جدول ۷۳.۲ مشاهده گردید که با صرف هزینه اندک مقدار قابل توجهی در مصرف انرژی صرفه جویی می‌گردد.

- استاندارد بکارگیری برچسب‌های بازتابنده نور خورشید

مطابق توصیه‌های مبحث ۱۹ بدلیل وجود اوقات گرم و برای کنترل میزان تابش آفتاب به سطوح نورگذر ساختمان لازم است از یک مانع برای جلوگیری از ورود حرارت از طریق تابش آفتاب استفاده شود. برچسب‌های بازتابنده نور ضمن جلوگیری از ورود حرارت حداقل تاثیر را روی میزان نور ورودی می‌گذارند.

- استاندارد تنظیم روشنایی

شدت روشنایی داخلی برای ادارات برابر استاندارد نشریه شماره ۱-۱۱۰ دفتر امور فنی و تدوین معیارها بیان شده است. طرح روشنایی هنگامی قابل قبول است که اصول بهداشتی در

مورد آن رعایت شده باشد یعنی در مرحله اول بایستی نور تولید شده یکنواخت باشد و در قدم بعدی روشنایی کافی موجود باشد.

- استاندارد بکارگیری عایق حرارتی در جدار ساختمان و استفاده از پنجره دو جداره

سیستم عایق کاری حرارتی ساختمان باید دو شرط را دارا باشد، اول اینکه مقاومت حرارتی کل پوسته خارجی با عایق از حد مشخص شده‌ای بیشتر نباشد و دوم اینکه ضریب هدایت حرارتی عایق مصرفی نیز از حد مشخصی بیشتر نباشد. در صورت عایق کاری مناسب عناصر ساختمان، تامین و حفظ شرایط آسایش حرارتی فضاها براحتی و همراه با صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام می‌گیرد. این عایقکاری باید مطابق ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان باشد. از این دیدگاه ساختمان‌ها در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱.۴.۲ بررسی ضریب انتقال حرارت ساختمان‌ها

از نظر مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با توجه به زیر بنای مفید ساختمان مرکزی و مهندسی و اقلیم اهواز، این ساختمان‌ها از گروه کاربری ب، نیاز انرژی-سرمایی-گرمایی زیاد و از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی در گروه ۱ قرار می‌گیرد. دیگر ساختمان‌ها جزء گروه ۲ می‌باشند. مطابق با مبحث ۱۹ می‌بایست ضریب انتقال حرارت ساختمان (ضریب طرح) محاسبه گردد. پس از محاسبه‌ی ضریب طرح با مقایسه آن با ضریب مرجع (ضریبی که به کمک روابط ارائه شده در مبحث ۱۹ محاسبه می‌گردد)، می‌تواند در مورد پاسخگویی و یا عدم پاسخگویی ساختمان در برابر مقررات ارائه شده در مبحث ۱۹ اظهار نظر کرد. در حالت ایده‌آل ضریب طرح ساختمان می‌بایست مساوی و یا کمتر از ضریب مرجع باشد تا ساختمان از لحاظ مصرف انرژی به شرایط ایده‌آل نزدیک‌تر باشد. ضریب طرح (H) توسط رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A \quad (۱۲-۲)$$

ضریب انتقال حرارت مرجع (\hat{H}) با استفاده از روابط موجود در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به کمک رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$\hat{H} = A_W \times U_W + A_R \times U_R + A_G \times U_G \times R_G + A_D \times U_D + A_{WB} \times U_{WB} \quad (۱۳-۲)$$

علائم استفاده‌شده در رابطه فوق، در جدول ۹۵.۲ معرفی شده‌اند.

جدول ۹۵.۲: مجموعه علائم استفاده شده در رابطه (۲-۱۳)

علامت	توضیحات
AW	مساحت دیوارهای در تماس با فضای خارجی
UW	ضریب انتقال حرارت مرجع دیوارهای در تماس با فضاهای خارجی
AR	مساحت مربوط به بام تخت یا شیب‌دار
UR	ضریب انتقال حرارت مرجع بام تخت یا شیب‌دار
AG	مساحت مربوط به جداره‌های نورگذر با قاب‌های آنها (قاب شیشه)
UG	ضریب انتقال حرارت مرجع مربوط به جداره‌های نورگذر به سطوح جداره‌های نورگذر با قاب‌های آنها
RG	نسبت متوسط سطوح جداره‌های نورگذر (بدون در نظر گرفتن سطوح قاب‌های آنان) به سطوح جداره‌های نورگذر با قاب‌های آنها
AD	مساحت مربوط به درهای خارجی
UD	ضریب انتقال حرارت مرجع درهای خارجی
AWB	مساحت کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل‌شده
UWB	ضریب انتقال حرارت مرجع کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل‌نشده

مقادیر ضریب انتقال حرارت طرح برای ساختمان‌ها در جداول ذیل ارائه شده است.

جدول ۹۶.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان مرکزی

U.A	$U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$	$A (m^2)$	گروه عنصر
۲۱۲۵/۹۶	۱/۸۲۸	۱۱۶۳	دیوار
۸۳۲/۶۰۸	۱/۴۱۶	۵۸۸	بام
۱۰۵۷/۱	۳/۱	۳۴۱	جدار نورگذر
۶۹/۶	۵/۸	۱۲	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۴۰۸۵$ (ضریب انتقال حرارت طرح)			

^۱ از بار سرمایشی کف صرف‌نظر می‌شود [۶].

جدول ۹۷.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان مهندسی

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۱۰۰۷	۱/۸۲۸	۵۵۱	دیوار
۸۴۷	۱/۴۱۶	۵۹۸	بام
۸۳۲	۴/۲	۱۹۸	جدار نورگذر
۵۸	۵/۸	۱۰	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۲۷۴۴$			

جدول ۹۸.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان بانکی

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۴۵۴	۰/۶۲۲	۷۳۰	دیوار
۲۳۳	۰/۵۶۶	۴۱۱	بام
۲۱۷	۳/۱	۷۰	جدار نورگذر
۵۸	۵/۸	۱۰	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۹۶۲$			

جدول ۹۹.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان امورمشترکین

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۱۳۹	۰/۶۱۲	۲۲۷	دیوار
۵۶/۶	۰/۵۶۶	۱۰۰	بام
۱۱۳/۴	۴/۲	۲۷	جدار نورگذر
۲۳/۲	۵/۸	۴	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۳۳۲$			

جدول ۱۰۰.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان آموزش

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۵۰۳	۱/۸۲۸	۲۷۵	دیوار
۴۶۶	۱/۴۱۶	۳۲۹	بام
۱۵۱	۴/۲	۳۶	جدار نورگذر
۴۱	۵/۸	۷	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۱۱۶۱$ (ضریب انتقال حرارت طرح)			

جدول ۱۰۱.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان کالا

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۹۱۳	۱/۸۳۲	۵۲۷	دیوار
۵۳۷	۱/۴۱۶	۳۷۹	بام
۳۱۹	۴/۲	۷۶	جدار نورگذر
۳۵	۵/۸	۶	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۱۸۰۴$			

جدول ۱۰۲.۲: مقادیر مساحت و ضریب انتقال حرارت اجزا ساختمان رستوران

U.A	$U\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$	$A(m^2)$	گروه عنصر
۲۰۲۲	۱/۸۲۸	۱۱۰۶	دیوار
۸۹۰	۱/۴	۶۳۶	سقف کاذب
۷۴۴	۳/۱	۲۴۰	پارتیشن
۴۵۸	۴/۲	۱۰۹	جدار نورگذر
۱۳۹/۲	۵/۸	۲۴	در
$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A = ۴۲۵۳$			

جدول ۱۰۳.۲ مقادیر ضریب انتقال حرارت مرجع و طرح هر یک از ساختمان‌ها را ارائه می‌کند.

^۱ از بار حرارتی کف صرف‌نظر می‌شود [۵].

جدول ۱۰۳.۲: ضریب انتقال حرارت طرح و مرجع ساختمان‌ها

وضعیت	ضریب مرجع	ضریب طرح	ساختمان
مردود	۲۲۸۰	۴۰۸۵	مرکزی
مردود	۱۳۷۲	۲۷۴۴	مهندسی
قابل قبول	۱۰۷۰	۹۶۲	بانک و امورمالی
قابل قبول	۳۳۶	۳۳۲	امورمشترکین شرق
مردود	۶۶۵	۱۱۶۱	آموزش
مردود	۱۱۲۵	۱۸۰۴	کالا
مردود	۲۳۷۰	۴۲۵۳	رستوران

مطابق جدول فوق مشاهده می‌شود که ضریب طرح ساختمان‌های مرکزی، مهندسی، آموزش، کالا و رستوران از ضریب انتقال حرارت مرجع بالاتر می‌باشد. از اینرو می‌بایست با ایجاد تغییراتی ضریب طرح این ساختمان‌ها کاهش یابد. از آنجا که مساحت جدارها پارامتر ثابت مسئله می‌باشند، می‌بایست ضریب انتقال حرارت آنها را کاهش داد. برای این منظور می‌توان از پنجره‌های دوجداره با قاب upvc با ضریب انتقال حرارت کمتر و یا از عایقکاری دیوارها استفاده نمود. این راه‌کارها در قسمت بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تصحیح ضریب انتقال حرارت ساختمان مرکزی

همانگونه که اشاره شد با توجه به اختلاف موجود بین ضریب انتقال حرارت طرح و مرجع می‌بایست راه‌کارهایی ارائه نمود که این راه‌کارها به شرح ذیل می‌باشد.

۱. تغییر قاب پنجره‌ها از فلزی به upvc

ضریب هدایت پنجره‌های دوجداره با قاب فلزی برابر با ۳/۱ می‌باشد. با تعویض قاب‌های فلزی با قاب‌های upvc با ضریب ۲/۶، ضریب طرح ساختمان برابر با ۳۹۱۴ شده که همچنان بالاتر از ضریب مرجع می‌باشد. از اینرو تعویض قاب‌ها به تنهایی مشکل را حل نخواهد کرد. البته چنین نتیجه‌ای چندان هم دور از انتظار نبوده چرا که حتی با صرف‌نظر از بار پنجره‌ها، ضریب طرح برابر با ۳۰۲۷ شده که بالاتر از ضریب مرجع می‌باشد.

۲. استفاده از عایق بر روی دیوارها

با توجه به اینکه دیوارها بالاترین سهم را در افزایش میزان ضریب هدایت طرح دارند، تغییر در ضریب هدایت این بخش می‌تواند راه حلی برای کاهش ضریب هدایت طرح باشد. از این رو با توجه به ثابت بودن مساحت می‌بایست ضریب انتقال حرارت دیوارها را کاهش داد. بدین منظور از یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه (استفاده‌ی رایج) به همراه روکش بر روی دیوارها استفاده می‌شود. ترکیب جدید دیوار در جدول ۱۰۴.۲ ارائه شده است.

جدول ۱۰۴.۲: مشخصات اجرایی دیوار ساختمان مرکزی (از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت $\frac{W}{(m \cdot ^\circ k)}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۰۰۳۴	۲/۹	۰/۰۱	سنگ نما
۰/۰۲۱۷	۱/۱۵	۰/۰۲۵	اندود ملات
۰/۳۰۱۷	۱/۱۶	۰/۳۵	آجر توپر
۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۲۵	گچ
۰/۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۹ تا ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۶۵۲ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید برابر با ۲۷۱۷ بوده که همچنان بیشتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که استفاده از عایق هرچند که شرایط را به حالت مطلوب تغییر نداده ولی تاثیر به‌سزایی در کاهش ضریب طرح ساختمان دارد. همچنین با توجه به اینکه تغییر در مشخصات دیوار به‌تنهایی قادر به رساندن شرایط طرح به حد مطلوب نبود می‌توان انتظار داشت که تغییر در هر یک از اجزای دیگر به‌تنهایی قادر به کاهش ضریب طرح نبوده و می‌بایست از روش‌های ترکیبی استفاده شود.

۳. استفاده از عایق بر دیوارها و تغییر قاب پنجره‌ها از فلزی به upvc

با استفاده از عایق و قاب‌های مطرح شده در قسمت‌های قبل به طور هم‌زمان، ضریب طرح جدید برابر با ۲۵۶۵ شده که هم‌چنان با ضریب مرجع ۲۲۸۰ اختلاف دارد از اینرو همچنان می‌بایست تمهیدات دیگری نیز لحاظ گردد.

۴. استفاده از عایق بر روی بام و عایق‌کاری دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی بام و عایق با شرایط قبلی بر روی دیوار استفاده می‌شود. ترکیب جدید بام در جدول ۱۰۵.۲ ارائه شده‌است.

جدول ۱۰۵.۲: مشخصات اجرایی سقف ساختمان مرکزی (از داخل به خارج)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت) $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت) (m	جنس مصالح
۰/۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی
۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۲	گچ
۰/۰۵۷	۱/۷۵	۰/۱	بتن معمولی
۰/۲۵	۱	۰/۲۵	تیرچه بلوک سیمانی
۰/۰۹۶	۰/۵۲	۰/۰۵	پوکه شیب بندی
۰/۰۴۳	۰/۷	۰/۰۳	محصولات عایق رطوبتی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۷۸ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید با لحاظ عایق‌کاری بام و دیوارها برابر با ۲۳۴۴ می‌باشد. این ضریب همچنان بیشتر از ضریب مرجع می‌باشد.

۵. استفاده از عایق بر روی بام و دیوارها و تعویض قاب پنجره‌ها

در این حالت ضریب طرح برابر با ۲۱۷۳ شده که کمتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد.

از اینرو مشاهده می‌گردد بمنظور تصحیح ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان مرکزی مطابق مقررات مبحث ۱۹ تغییرات ذیل می‌بایست صورت گیرد.

- عایق‌کاری دیوار با یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه
- عایق‌کاری سقف با یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه
- استفاده از پنجره با قاب upvc به جای قاب آلومینیومی

تصحیح ضریب انتقال حرارت ساختمان مهندسی

بمنظور کاهش ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان مهندسی راه‌کارهای ذیل مورد بررسی قرار گرفته‌است.

۱. تغییر پنجره‌های ساده با قاب فلزی به پنجره‌های دوجداره با قاب upvc

ضریب هدایت پنجره‌های ساده با قاب فلزی برابر با ۴/۲ می‌باشد. با تعویض این پنجره‌ها با مدل دوجداره با قاب upvc و فاصله هوایی ۶ میلیمتر با ضریب ۲/۶، ضریب طرح ساختمان برابر با ۲۴۲۷ شده که همچنان بالاتر از ضریب مرجع می‌باشد. ازاینرو تعویض پنجره‌ها به تنهایی مشکل را حل نخواهد کرد. البته چنین نتیجه‌ای چندان هم دور از انتظار نبوده چرا که حتی با صرفنظر از بار پنجره‌ها، ضریب طرح برابر با ۱۹۱۲ شده که بالاتر از ضریب مرجع می‌باشد.

۲. استفاده از عایق بر روی دیوارها

با توجه به اینکه دیوارها بالاترین سهم را در افزایش میزان ضریب هدایت طرح دارند، تغییر در ضریب هدایت این بخش می‌تواند راه حلی برای کاهش ضریب هدایت طرح باشد. بدین منظور از یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی دیوارها استفاده می‌شود. ترکیب جدید دیوار در جدول ۱۰۶.۲ ارائه شده‌است.

جدول ۱۰۶.۲: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت) $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت) (m	جنس مصالح
۰/۰۰۳۴	۲/۹	۰/۰۱	سنگ نما
۰/۰۲۱۷	۱/۱۵	۰/۰۲۵	اندود ملات
۰/۳۰۱۷	۱/۱۶	۰/۳۵	آجر توپر
۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۲۵	گچ
۰/۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۹ تا ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۶۵۲ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید برابر با ۲۰۹۶ شده که همچنان بیشتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد. با توجه به اینکه تغییر در مشخصات دیوار به تنهایی قادر به رساندن شرایط طرح به حد مطلوب نبود می‌توان انتظار داشت که تغییر در هر یک از اجزای دیگر به تنهایی قادر به کاهش ضریب طرح نبوده و می‌بایست از روش‌های ترکیبی استفاده شود.

۳. استفاده از عایق بر دیوارها و تغییر پنجره‌ها از فلزی ساده به upvc دوجداره

با استفاده از عایق و تعویض شیشه‌ها از ساده با قاب فلزی به دوجداره با قاب upvc در قسمت‌های قبل به طور هم‌زمان، ضریب طرح جدید برابر با ۱۷۸۰ شده که هم چنان با ضریب مرجع ۱۴۰۰ اختلاف دارد. از اینرو می‌بایست تمهیدات بیشتری لحاظ گردد.

۴. استفاده از عایق بر روی بام و عایق‌کاری دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی بام و عایق با شرایط قبلی بر روی دیوار استفاده می‌شود. ترکیب جدید بام در جدول ۱۰۷.۲ ارائه شده است.

جدول ۱۰۷.۲: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت) $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی
۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۲	گچ
۰/۰۵۷۱	۱/۷۵	۰/۱	بتن معمولی
۰/۲۵	۱	۰/۲۵	تیرچه بلوک سیمانی
۰/۰۹۶	۰/۵۲	۰/۰۵	پوکه شیب بندی
۰/۰۴۳	۰/۷	۰/۰۳	محصولات عایق رطوبتی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ $0/22$ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ $0/78$ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید با لحاظ عایق‌کاری بام و دیوارها برابر با ۱۷۱۶ می‌باشد که همچنان بزرگتر از ۱۴۰۰ می‌باشد.

۵. استفاده از عایق بر روی بام و دیوارها و تعویض قاب و نوع پنجره‌ها

با توجه به اینکه ترکیب‌های قبل هیچ یک به تنهایی میزان ضریب انتقال طرح را به حد مطلوب ضریب مرجع کاهش نداد همچنان می‌بایست به دنبال راه‌کار جدیدی بود. از اینرو با ترکیب تغییرات قبل مشاهده می‌گردد که ضریب انتقال حرارت طرح برابر با ۱۳۹۸ شده که از ضریب انتقال حرارت مرجع کمتر بوده و می‌بایست به عنوان حالت طراحی مد نظر قرار گیرد. از اینرو مشاهده می‌گردد بمنظور تصحیح ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان مهندسی مطابق مقررات مبحث ۱۹ تغییرات ذیل می‌بایست صورت گیرد.

- عایق‌کاری دیوار با یک لایه عایق ۵ سانتی متری پشم شیشه
- عایق‌کاری سقف با یک لایه عایق ۲/۵ سانتی متری پشم شیشه
- استفاده از پنجره دوجداره با قاب upvc به جای پنجره ساده

تصحیح ضریب انتقال حرارت ساختمان آموزش

ضریب انتقال حرارت طرح محاسبه شده برای این ساختمان برابر با ۱۱۶۱ می‌باشد، حال آنکه ضریب انتقال حرارت مرجع این ساختمان برابر ۶۶۵ است. با توجه به این اختلاف می‌بایست ضریب طرح را کم نمود.

۱. استفاده از عایق بر روی دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۵ سانتی متری پشم شیشه (استفاده‌ی رایج) به همراه روکش بر روی دیوارها استفاده می‌شود. ترکیب جدید دیوار در جدول ذیل جدول ارائه شده است.

جدول ۱۰۸.۲: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۰۰۳۴	۲/۹	۰/۰۱	سنگ نما
۰/۰۲۱۷	۱/۱۵	۰/۰۲۵	اندود ملات
۰/۳۰۱۷	۱/۱۶	۰/۳۵	آجر توپر
۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۲۵	گچ
۰/۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۹ تا ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۶۵۲ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید برابر با ۸۴۰ که همچنان بیشتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که استفاده از عایق هرچند که شرایط را به حالت مطلوب تغییر نداد ولی تاثیر به‌سزایی در کاهش ضریب طرح ساختمان دارد. همچنین با توجه به اینکه تغییر در مشخصات دیوار به‌تنهایی قادر به رساندن شرایط طرح به حد مطلوب نبود می‌توان انتظار داشت که تغییر در هر یک از اجزای دیگر به‌تنهایی قادر به کاهش ضریب طرح نبوده و می‌بایست از روش‌های ترکیبی استفاده شود.

۲. استفاده از عایق بر روی بام و عایق‌کاری دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی بام و عایق با شرایط قبلی بر روی دیوار استفاده می‌شود. ترکیب جدید بام در جدول ذیل جدولارائه شده‌است.

جدول ۱۰۹.۲: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت) $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی
۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۲	گچ
۰/۰۵۷۱	۱/۷۵	۰/۱	بتن معمولی
۰/۲۵	۱	۰/۲۵	تیرچه بلوک سیمانی
۰/۰۹۶	۰/۵۲	۰/۰۵	پوکه شیب بندی
۰/۰۴۳	۰/۷	۰/۰۳	محصولات عایق رطوبتی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$ (۰/۲۲) ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$ (۰/۷۸) محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید با لحاظ عایق‌کاری بام و دیوارها برابر با ۶۲۸ می‌باشد که از ضریب انتقال حرارت مرجع کمتر بوده و می‌بایست به عنوان حالت طراحی مد نظر قرار گیرد. به عبارتی دیگر تنها با استفاده از ۵ سانتی‌متر عایق پشم‌شیشه روی دیوار و ۲/۵ سانتی‌متر روی بام می‌توان به حالت مطلوب ضریب انتقال حرارت طرح رسید.

از اینرو مشاهده می‌گردد بمنظور تصحیح ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان آموزش مطابق مقررات مبحث ۱۹ تغییرات ذیل می‌بایست صورت گیرد.

- عایق‌کاری دیوار با یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه
- عایق‌کاری سقف با یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه

تصحیح ضریب انتقال حرارت ساختمان کالا

ضریب انتقال حرارت طرح محاسبه شده برای این ساختمان برابر با ۱۸۰۴ می‌باشد، حال آنکه ضریب انتقال حرارت مرجع این ساختمان برابر ۱۱۲۵ است. با توجه به این اختلاف می‌بایست ضریب طرح را کم نمود.

۱. استفاده از عایق بر روی دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه (استفاده‌ی رایج) به همراه روکش بر روی دیوارها استفاده می‌شود. ترکیب جدید دیوار در جدول ذیل ارائه شده‌است.

جدول ۱۱۰.۲: مشخصات اجرایی دیوار (از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۰۳۴	۱/۱۶۷	۰/۰۴	آجرنما
۰/۰۲۱۷	۱/۱۵	۰/۰۲۵	اندود ملات
۰/۳۰۱۷	۱/۱۶	۰/۳۵	آجر توپر
۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۲۵	گچ
۰/۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۹ تا ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$ ۰/۶۴ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید برابر با ۱۲۲۸ بوده که همچنان بیشتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد.

۲. استفاده از عایق بر روی بام و عایق‌کاری دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی بام و عایق با شرایط قبلی بر روی دیوار استفاده می‌شود. ترکیب جدید بام در جدول ذیل ارائه شده‌است.

جدول ۱۱۱.۲: مشخصات اجرایی سقف (از داخل به خارج)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت) $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی
۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۲	گچ
۰/۰۵۷۱	۱/۷۵	۰/۱	بتن معمولی
۰/۲۵	۱	۰/۲۵	تیرچه بلوک سیمانی
۰/۰۹۶	۰/۵۲	۰/۰۵	پوکه شیب بندی
۰/۰۴۳	۰/۷	۰/۰۳	محصولات عایق رطوبتی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۲۲ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۷۸ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید با لحاظ عایق‌کاری بام و دیوارها برابر با ۹۸۸ می‌باشد که از ضریب انتقال حرارت مرجع کمتر بوده و می‌بایست به عنوان حالت طراحی مد نظر قرار گیرد.

از اینرو مشاهده می‌گردد بمنظور تصحیح ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان کالا مطابق مقررات مبحث ۱۹ تغییرات ذیل می‌بایست صورت گیرد.

- عایق‌کاری دیوار با یک لایه عایق ۵ سانتی متری پشم شیشه
- عایق‌کاری سقف با یک لایه عایق ۲/۵ سانتی متری پشم شیشه

تصحیح ضریب انتقال حرارت ساختمان رستوران

ضریب انتقال حرارت طرح محاسبه شده برای این ساختمان برابر با ۴۲۵۳ می‌باشد، حال آنکه ضریب انتقال حرارت مرجع این ساختمان برابر ۲۳۷۰ است. از اینرو ساختمان نمی‌تواند پاسخگوی مقررات مبحث ۱۹ باشد. با توجه به این اختلاف می‌بایست ضریب طرح را کم نمود. بدین منظور می‌بایست از جداره‌هایی با ضریب انتقال حرارت کمتر استفاده نمود و تغییراتی چون موارد ذیل را در جداره‌ها ایجاد کرد.

۱. استفاده از عایق بر روی دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۵ سانتی‌متری پشم شیشه (استفاده‌ی رایج) به همراه روکش بر روی دیوارها استفاده می‌شود. ترکیب جدید دیوار در جدول ذیل ارائه شده‌است.

جدول ۱۱۲.۲: مشخصات اجرایی دیوار(از خارج به داخل)

مقاومت حرارتی $\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W}$	ضریب هدایت $\frac{W}{m \cdot ^\circ k}$	ضخامت (m)	جنس مصالح
۰/۰۰۳۴	۲/۹	۰/۰۱	سنگ نما
۰/۰۲۱۷	۱/۱۵	۰/۰۲۵	اندود ملات
۰/۳۰۱۷	۱/۱۶	۰/۳۵	آجر توپر
۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۲۵	گچ
۰/۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵	عایق حرارتی پشم شیشه (وزن مخصوص خشک ۹ تا ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۵۷	۰/۳۵	۰/۰۲	گچ پیش ساخته با روکش مقوایی

ضریب انتقال حرارت این جدار با احتساب مقاومت $(\frac{m^2 \cdot ^\circ k}{W})$ ۰/۱۷ ناشی از لایه هوای داخل و خارج برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۰/۶۵۲ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید برابر با ۲۹۵۲ بوده که همچنان بیشتر از ضریب طرح مرجع می‌باشد.

۲. استفاده از عایق بر روی پارتیشن و عایق‌کاری دیوار

بدین منظور از یک لایه عایق ۲/۵ سانتی‌متری پشم شیشه به همراه روکش بر روی پارتیشن و عایق با شرایط قبلی بر روی دیوار استفاده می‌شود.

ضریب انتقال حرارت پارتیشن برابر با $(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k})$ ۱/۱۸ محاسبه می‌شود. مقدار ضریب طرح جدید با لحاظ عایق‌کاری دیوارها برابر با ۲۴۹۱ می‌باشد که همچنان بیشتر از ضریب انتقال حرارت مرجع می‌باشد.

۳. استفاده از پنجره‌های دو جداره با قاب یو پی وی سی

با تغییر ضریب هدایت پنجره‌ها از ۴/۲ به ۲/۶ مقدار ضریب حرارت طرح برابر با ۲۳۱۶ شده که کمتر از ضریب انتقال حرارت مرجع می‌شود و می‌بایست به عنوان حالت استاندارد اعمال گردد.

۲.۴.۲ حالت استاندارد ساختمان‌ها

با توجه به موارد مذکور در قسمت‌های قبل راهکارهای رسیدن به شرایط استاندارد برای ساختمان‌ها در جداول ذیل ارائه شده است.

جدول ۱۱۳.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان مرکزی

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KJ)	درصد صرفه‌جویی
استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوارها	۱۷,۷۹۳,۹۰۰	۲۵۵,۹۶۰,۰۰۰	٪۸
استفاده از عایق‌های حرارتی در بام	۶,۶۴۴,۴۰۰	۷۸,۸۸۰,۰۰۰	٪۲/۵
استفاده از قاب‌های upvc	۱۳۵,۴۶۲,۲۵۰	۳۷,۹۶۲,۰۰۰	٪۱/۱۸
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۱۷۱,۵۴۰,۰۰۰	٪۵/۳۶
استفاده از نوار درزبندی	۳۹۵,۹۰۰	۲۷۲,۴۵۰,۰۰۰	٪۸/۵
تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف	۱۱,۶۲۰,۰۰۰	۱۰۰,۶۳۰,۰۰۰	٪۳/۱۴
اعمال هم‌زمان راهکارها	۱۷۱,۹۱۶,۴۵۰	۸۵۸,۷۲۷,۲۰۶	٪۲۷

جدول ۱۱۴.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان مهندسی

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KJ)	درصد صرفه‌جویی
استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوارها	۹,۱۴۹,۴۰۰	۱۳۲,۰۱۹,۰۰۰	٪۸
استفاده از عایق‌های حرارتی در بام	۷,۱۷۶,۰۰۰	۱۲۵,۴۷۰,۰۰۰	٪۷/۵
استفاده از شیشه دوجداره با قاب upvc	۹۲,۱۴۲,۲۵۰	۱۶۵,۴۰۰,۰۰۰	٪۱۰
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۱۷۲,۶۲۰,۰۰۰	٪۱۰/۴
استفاده از نوار درزبندی	۱۸۹,۰۰۰	۱۶۱,۲۳۰,۰۰۰	٪۹/۶۹
استفاده از برجسب‌های بازتابنده نور	۳,۴۵۰,۰۰۰	۱۳۱,۹۳۰,۰۰۰	٪۷/۹
تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف	۷,۰۰۰,۰۰۰	۱۷۵,۸۰۰,۰۰۰	٪۱۰/۶
اعمال هم‌زمان راهکارها	۱۱۹,۱۰۶,۶۵۰	۵۹۶,۰۲۵,۱۶۴	٪۳۶

جدول ۱۱۵.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان بانک

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KJ)	درصد صرفه‌جویی
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۶۳,۶۰۷,۰۰۰	٪۳/۶
استفاده از نوار درزبندی	۷۱,۰۴۰	۱۳۵,۵۳۰,۰۰۰	٪۷/۶
تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف	۸,۴۰۰,۰۰۰	۱۷۰,۳۶۰,۰۰۰	٪۹/۵
اعمال هم‌زمان راهکارها	۸,۴۷۱,۰۴۰	۳۴۲,۸۶۵,۳۸۰	٪۲۰

جدول ۱۱۶.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان امورمشترکین

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KJ)	درصد صرفه‌جویی
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۱۲,۱۴۴,۰۰۰	٪۳/۸۷
استفاده از نوار درزبندی	۲۹,۷۶۰	۱۴,۲۸۵,۰۰۰	٪۴/۶
تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف	۸۴۰,۰۰۰	۱۵,۳۳۲,۰۰۰	٪۹/۴
اعمال هم‌زمان راهکارها	۸۶۹,۷۶۰	۴۰,۰۰۰,۰۰۰	٪۱۷

جدول ۱۱۷.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان آموزش

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف (KJ)	درصد صرفه‌جویی به کل انرژی
استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوارها	۴,۲۰۷,۵۰۰	۶۳,۲۷۵,۰۰۰	٪۸/۸
استفاده از عایق‌های حرارتی در بام	۳,۷۱۷,۷۰۰	۵,۰۸۵,۹۰۰	٪۷
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۲,۰۳۱,۵۰۰	٪۲/۸
استفاده از نوار درزبندی	۸۰,۰۰۰	۲۶,۶۶۳,۰۰۰	٪۳/۷
تعویض لامپ‌های مهتابی یا کم مصرف	۲,۶۰۴,۰۰۰	۴,۶۱۶,۲۰۰	٪۶/۴

مطابق جدول فوق مشاهده می‌گردد که برخلاف دیگر ساختمان‌ها (مرکزی، مهندسی، بانک و امور مشترکین) استفاده از پنجره‌های دوجداره در این ساختمان توصیه نشده‌است. با توجه به مباحث مطرح شده در بخش قبل مشاهده گردید که بدون تغییر در مشخصات پنجره‌ها می‌توان ضریب انتقال حرارت طرح را از ضریب مرجع کوچکتر نمود. دلیل این امر قرار گرفتن این ساختمان در گروه ۲ صرفه انرژی (بر خلاف ساختمان‌های مرکزی، مهندسی) و بزرگتر شدن ضریب انتقال حرارت مرجع

می‌باشد. تعویض پنجره‌ها با توجه به جدول مقرون به صرفه نمی‌باشد و از اینرو برای کاهش میزان مصرف، روش‌های پربازده‌تر انتخاب شده‌است.

جدول ۱۱۸.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان کالا

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف (KJ)	درصد صرفه‌جویی به کل انرژی
استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوارها	۸,۰۶۳,۱۰۰	۹,۷۷۸,۲۰۰	٪۱۱/۵
استفاده از عایق‌های حرارتی در بام	۴,۲۸۲,۷۰۰	۴۳,۸۶۹,۰۰۰	٪۵/۱۵
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۴,۳۴۶,۷۰۰	٪۵/۱
استفاده از نوار درزبندی	۱۶۰,۰۰۰	۴,۷۳۴,۸۰۰	٪۵/۵۵
تعویض لامپ‌های مهتابی یا کم مصرف	۳,۹۲۰,۰۰۰	۳,۵۶۶,۳۰۰	٪۴/۲

در ساختمان کالا چون ساختمان آموزش نیازی به تعویض پنجره‌ها نمی‌باشد.

جدول ۱۱۹.۲: راهکارهای حالت استاندارد ساختمان رستوران

روش بهینه‌سازی مصرف	هزینه ریال	میزان صرفه‌جویی در مصرف (KJ)	درصد صرفه‌جویی به کل انرژی
استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوار	۱۹,۶۳۳,۸۰۰	۴۰۷,۲۶۲,۷۹۲	٪۱۵/۵
استفاده از پنجره‌ی دوجداره با قاب یوپی‌وی‌سی	۵۵,۲۴۷,۴۰۰	۴۰,۴۰۳,۸۶۰	٪۱/۵
تنظیم دمای داخل برای فصول گرم	-	۱۳۲,۱۳۷,۰۶۵	٪۵
استفاده از نوار درزبندی	۲۲۶,۰۰۰	۱۷۸,۹۴۵,۱۰۳	٪۶/۷
تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف	۱۵,۹۶۰,۰۰۰	۱۴۳,۵۵۴,۲۴۵	٪۵/۴
مجموع	۹۱,۰۶۷,۲۰۰	۷۷۵,۶۰۰,۶۸۰	٪۲۹/۲

۳.۴.۲ بارحرارتی برودتی ساختمان‌ها در حالت استاندارد

پس از انتخاب حالت استاندارد ساختمان‌ها بارهای برودتی حرارتی ساختمان‌ها مجدداً محاسبه گشته و در ادامه ارائه شده‌است. بخشی از نتایج محاسبه شده توسط نرم‌افزار در پیوست ارائه شده و جزئیات کامل همراه با یک لوح فشرده به این گزارش پیوست شده‌است.

جدول ۱۲۰.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار برودتی W		بار حرارتی W
		محسوس	غیر محسوس	
۱	امور قراردادها	۱۳۰۵	۴۰۴	۶۴۰
۲	امور قراردادها	۱۸۱۷	۴۲۰	۷۹۶
۳	امور قراردادها	۴۸۴۴	۶۴۱	۱۴۷۷
۴	ارزیابی پیمانکاران	۴۲۹۹	۹۰۰	۱۴۹۲
۵	راهرو	۱۲۴۸	۱۲۹	۱۰۵۵
۶	رییس قراردادها	۳۱۸۵	۵۸۰	۱۷۲۳
۷	امور قراردادها	۱۵۳۰	۶۰۲	۴۷۰
۸	رییس روابط عمومی	۱۵۶۵	۳۵۸	۸۲۱
۹	راهرو	۵۱۸	۴۹	۴۶۳
۱۰	راهرو	۱۲۹۵	۹۳۱	۱۳۶۳
۱۱	راهرو	۱۵۶۸	۳۲۵	۱۱۹۴
۱۲	سرویس بهداشتی	۲۵۰	۸۴	۲۱۵
۱۳	اتاق برق	۲۲۶	۳۱	۲۸۰
۱۴	روابط عمومی	۲۱۹۱	۳۶۲	۷۶۲
۱۵	بسیج	۱۸۰۹	۴۱۰	۸۳۶
۱۶	دبیرخانه	۲۳۵۸	۳۹۲	۱۰۰۸
۱۷	ماشین نویسی	۳۱۸۶	۴۴۷	۱۱۹۳
۱۸	خدمات اجتماعی	۲۴۷۱	۴۷۷	۱۲۴۹
۱۹	روابط عمومی	۳۱۳۰	۵۶۵	۱۱۳۵
۲۰	راهرو	۵۱۱	۶۲	۴۳۹
۲۱	ابداریخانه	۱۲۹۵	۱۶۶	۹۴۳
۲۲	راه پله	۳۵۱	۲۱	۲۶۴
۲۳	سرویس بهداشتی	۶۵۰	۴۶	۳۲۵
۲۴	راهرو	۲۸۸	۶۸	۴۳۲

جدول ۱۲۰.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی همکف ساختمان مرکزی (ادامه)

بار برودتی W			بار حرارتی W	اتاق	ردیف
مجموع	غیر محسوس	محسوس			
۹۴۹	۳۳۳	۶۱۶	۴۷۳	راهرو	۲۵
۱۵۱۷	۱۸۴	۱۴۰۳	۶۰۱	افسر نگهبان	۲۶
۴۰۵۷	۹۰۳	۳۱۵۴	۲۴۳۷	راهرو	۲۷
۱۰۴۶	۴۹۷	۵۴۹	۳۶۵	راهرو	۲۸
۲۵۹۷	۴۸۱	۲۱۱۶	۷۰۶	دفتر حراست	۲۹
۱۳۱۳	۱۸۷	۱۱۲۶	۴۹۹	دفتر حراست	۳۰
۴۹۷۴	۲۳۰	۴۷۴۴	۲۰۱۱	دفتر حراست	۳۱

جدول ۱۲۱.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه اول ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	دفتر برنامه ریزی	۸۰۳۶	۳۵۹۵۶	۵۶۲۰
۲	رییس hse	۶۹۶	۲۳۶۵	۴۱۸
۳	منشی hse	۳۰۱	۱۰۳۱	۲۵۴
۴	ایمنی و آتش نشانی	۵۱۸	۱۹۰۰	۲۴۷
۵	راهرو	۱۸۲	۵۶۷	۴۳۶
۶	راهرو	۱۹۶	۳۵۳	۴۹
۷	سرویس بهداشتی	۲۳۶	۹۴۵	۲۳۰
۸	کنترل اسناد	۲۴۱	۱۸۷۶	۴۹۳
۹	مسئول عملیات	۵۱۲	۲۴۴۹	۵۳۸
۱۰	پانچيست	۴۱۲	۱۶۲۸	۲۳۲
۱۱	اتاق چاپ	۷۵۷	۳۶۱۸	۵۳۲
۱۲	کپی امور پژوهشی	۵۴۸	۲۲۰۳	۳۹۷
۱۳	کتابخانه پژوهشی	۳۸۷	۱۴۸۰	۳۵۶
۱۴	سرویس بهداشتی	۲۶۶	۶۵۸	۳۰۱
۱۵	بهبود محیط کار	۷۰۰	۲۱۹۰	۴۳۶
۱۶	سرویس بهداشتی	۴۹۴	۱۳۶۸	۵۲۶
۱۷	کارگاه	۱۱۸۷	۵۸۴۴	۱۲۴۹
۱۸	راهرو	۱۶۲	۵۶۸	۴۸۴
۱۹	رییس اداره	۳۵۹	۹۹۹	۴۸۶
۲۰	اتاق سرور	۷۴۴	۲۱۸۲	۴۲۳
۲۱	دفتر	۳۷۹	۱۳۸۳	۱۸۷

جدول ۱۲۲.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه دوم ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	سالن کنفرانس	۷۶۵۴	۳۴۶۷۹	۲۳۰۱
۲	انتظار کنفرانس	۸۶۶	۲۳۴۷	۴۴۲
۳	راهرو	۴۰۵	۹۷۴	۵۷۲
۴	راهرو	۳۸۵	۷۸۰	۱۱۵
۵	سرویس بهداشتی	۳۱۵	۸۹۷	۸۷
۶	رییس حقوقی	۴۰۱	۱۵۹۷	۱۹۷
۷	حقوق و دستمزد	۲۹۴	۲۸۳۸	۶۲۹
۸	برنامه ریزی	۳۴۴	۱۵۲۸	۱۹۴
۹	خدمات کارکنان	۴۵۳	۲۴۵۸	۵۵۴
۱۰	رییس خدمات کارکنان	۶۹۳	۲۴۲۷	۳۵۶
۱۱	منشی	۱۸۲	۱۰۷۹	۵۱۳
۱۲	راهرو	۱۶۴	۴۸۰	۳۵۴
۱۳	کارمندان حقوقی	۳۰۲	۲۱۲۶	۴۴۴
۱۴	راهرو	۲۳۸	۶۶۲	۳۵۸
۱۵	منشی حقوقی	۵۳۴	۱۲۷۱	۲۳۳
۱۶	سرویس بهداشتی	۴۹۳	۱۰۹۲	۱۷۵
۱۷	بایگانی	۹۷۳	۴۰۰۷	۶۸۲
۱۸	کارمند خدمات	۴۴۹	۱۵۶۲	۲۴۱
۱۹	رییس امور اداری	۶۸۸	۱۹۱۳	۳۷۲

جدول ۱۲۳.۲: بار حرارتی و برودتی طبقه‌ی سوم ساختمان مرکزی

ردیف	اتاق	بارحرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	سالن کنفرانس مدیریت	۲۲۰۶	۵۳۴۴	۵۹۲
۲	دفتر	۷۶۴	۱۵۱۲	۲۴۳
۳	دفتر	۷۱۹	۱۵۵۲	۲۰۷
۴	منشی	۶۰۹	۱۹۹۲	۱۹۵
۵	دفتر مدیر عامل	۸۸۳	۱۹۴۰	۱۳۳
۶	معاونت مالی	۸۲۳	۱۷۴۵	۱۷۱
۷	راهرو	۶۳۵	۸۷۰	۱۰۲
۸	آبدار خانه	۸۶۶	۱۶۱۵	۳۶۱
۹	سرویس بهداشتی	۷۵۹	۱۲۴۰	۱۱۰
۱۰	مدیر عامل	۲۰۳۵	۵۰۱۶	۵۲۵
۱۱	منشی مدیر عامل	۸۷۸	۲۱۸۳	۲۹۰
۱۲	دفتر اداری	۱۱۰۶	۲۴۰۵	۲۸۴
۱۳	دفتر اداری	۹۲۴	۲۱۴۰	۲۳۸
۱۴	راهرو	۷۶۹	۹۳۶	۱۶۲

جدول ۱۲۴.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱	۱۰۱	امور ایثارگران	۴۲۵	۱۷۳۶	۴۹۱	۲۲۲۷
۲	۱۰۲	متصدی رادیو گرافی	۳۵۱	۱۴۸۷	۴۵۸	۱۹۴۵
۳	۱۰۳	ناظرین شبکه	۳۵۱	۱۶۴۲	۴۵۸	۲۱۰۰
۴	۱۰۴	کنترل کالای بروزه ها	۳۵۱	۱۷۹۷	۴۵۸	۲۲۵۵
۵	۱۰۵	ناظرین شبکه	۳۵۱	۱۶۴۲	۴۵۸	۲۱۰۰
۶	۱۰۶	ناظرین شبکه	۷۷۸	۲۸۲۱	۷۷۶	۳۵۹۷
۷	۱۰۷	بایگانی	۱۰۴۹	۵۱۲۰	۱۱۰۱	۶۲۲۱
۸	۱۰۸	حفاظت ضد زنگ	۳۷۹	۱۸۳۱	۴۴۴	۲۲۷۵
۹	۱۰۹	مرکز مهندسی	۳۱۲	۱۹۴۸	۷۰۹	۲۶۵۷
۱۰	۱۱۰	اتاق برق	۱۹۰	۴۵۵	۲۷	۴۸۲
۱۱	۱۱۱	رادیو گرافی	۴۹۹	۱۹۲۸	۶۴۶	۲۵۷۴
۱۲	۱۱۲	رییس حمل و نقل	۳۶۶	۱۷۵۳	۳۷۸	۲۱۳۱
۱۳	۱۱۳	تعمیرات حمل و نقل	۳۱۹	۱۲۳۳	۴۳۲	۱۶۶۵
۱۴	۱۱۴	معاون حمل و نقل	۶۵۳	۲۲۴۴	۴۶۲	۲۷۰۶
۱۵	۱۱۵	بازرسی حمل و نقل	۲۷۲	۱۵۱۸	۴۷۵	۱۹۹۳
۱۶	۱۱۶	انبار	۳۰	۷۹	۲۹	۱۰۸
۱۷	۲۰۱	تکنسین ساخت ایستگاه	۵۳۲	۱۶۸۱	۴۵۸	۲۱۳۹
۱۸	۲۰۲	مهندس ارشد طراح شبکه	۶۱۵	۱۶۹۹	۴۵۴	۲۱۵۳

جدول ۱۲۴.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱۹	۲۰۳	مهندس طراح ساختمان	۶۰۱	۱۴۹۸	۴۵۰	۱۹۴۸
۲۰	۲۰۴	منشی	۶۳۱	۱۳۳۱	۲۴۸	۱۵۷۹
۲۱	۲۰۵	طراح حفاظت زنگ	۵۹۱	۱۳۵۱	۱۲۸	۱۴۷۹
۲۲	۲۰۶	منشی مهندسی	۳۹۸	۱۷۲۷	۴۵۸	۵۸۵
۲۳	۲۰۷	مدیریت مهندسی	۱۱۶۲	۳۵۲۲	۳۴۳	۳۸۶۵
۲۴	۲۰۸	مسئول طرحها	۵۸۸	۱۴۸۰	۲۶۰	۱۷۴۰
۲۵	۲۰۹	رئیس خدمات طرحها	۵۸۸	۱۴۸۰	۲۶۰	۱۷۴۰
۲۶	۲۱۰	مهندس ارشد طراحی	۵۸۸	۱۳۲۴	۲۶۰	۱۵۸۴
۲۷	۲۱۱	کارشناس تبدیل سوخت	۴۲۵	۱۰۰۸	۱۹۴	۱۲۰۲
۲۸	۲۱۲	رئیس گازرسانی صنایع	۵۸۸	۱۴۱۴	۱۹۴	۱۶۰۸
۲۹	۲۱۳	رئیس خدمات مهندسی	۱۲۲۱	۲۲۷۶	۱۸۲	۲۴۵۸
۳۰	۲۱۴	رئیس اجرای طرحها	۱۵۵۵	۳۹۳۱	۳۹۶	۴۳۲۷
۳۱	۲۱۵	اتاق هواساز	۶۰۱	۱۰۴۶	۵۷	۱۱۰۳
۳۲	۲۱۶	اتاق هواساز	۴۵۹	۶۸۶	۷۴	۷۶۰
۳۳	۲۱۷	ناظر شبکه ارشد	۷۷۲	۱۹۷۹	۲۸۷	۲۲۶۶
۳۴	۲۱۸	ناظر ارشد شبکه	۵۸۸	۱۸۴۱	۴۵۸	۲۲۹۹
۳۵	۲۱۹	ناظر ارشد شبکه	۵۸۸	۱۸۴۱	۴۵۸	۲۲۹۹
۳۶	۲۲۰	ناظر اجرای ساختمان	۱۰۹۱	۳۲۷۳	۷۸۲	۴۰۵۵
۳۷	۲۲۱	ناظرین ارشد ساختمان	۱۱۶۸	۳۰۲۵	۶۸۱	۳۷۰۶
۳۸	۲۲۲	مسئول اجرای ساختمان	۶۰۹	۱۶۰۹	۱۹۹	۱۸۰۸

جدول ۱۲۴.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان مهندسی (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۳۹	۲۲۳	ناظر ارشد خطوط و صنایع	۶۰۹	۱۷۰۸	۴۶۳	
۴۰	۲۲۴	خدمات حمل و نقل	۳۹۵	۱۳۲۲	۷۱۴	
۴۱	۲۲۵	راهروهای طبقه همکف	۲۲۷۶	۳۷۰۶	۱۰۷۱	
۴۲	۲۲۶	دفتر حراست	۹۴۶	۲۵۷۱	۴۴۱	
۴۳	۲۲۷	سرویس بهداشتی همکف	۵۰۲	۱۵۱۲	۶۳	
۴۴	۲۲۸	راهروهای طبقه اول	۲۶۲۰	۳۵۳۶	۴۹۳	
۴۵	۲۲۹	سالن کنفرانس	۹۱۱	۱۲۶۱	۱۱۹	
۴۶	۲۳۰	سرویس بهداشتی طبقه اول	۷۹۱	۱۴۲۹	۷۶	
۴۷	۲۳۱	ابداریخانه طبقه اول	۵۴۶	۱۱۳۵	۲۶۰	

جدول ۱۲۵.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بارحرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱	۱۰۱	حسابداری طبقه همکف	۱۱۰	۳۳۰۴	۲۰۴۳	
۲	۱۰۲	حسابداری اموال همکف	۳۷۳	۲۲۴۳	۲۴۲	
۳	۱۰۳	انبار همکف	۴۶۸	۱۰۵۳	۱۱۰	
۴	۱۰۴	حسابداری فروش	۲۹۶	۱۵۷۶	۲۹۷	
۵	۱۰۵	انبار حسابداری فروش	۵۸۷	۱۱۰۴	۱۰۸	
۶	۱۰۶	خزانه همکف	۲۷۲	۱۷۵۴	۳۲۰	

جدول ۱۲۵.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۷	۱۰۷	حقوق و دستمزد	۲۸۲	۲۹۸۸	۱۳۸۲
۸	۱۰۸	حسابداری بیمه‌ها	۵۵۵	۲۷۵۲	۷۲۴
۹	۲۰۱	کنترل هزینه‌ها	۵۵۵	۲۵۲۴	۲۶۱
۱۰	۲۰۲	دفتر داری حسابداری	۳۷۳	۱۹۶۳	۲۴۲
۱۱	۲۰۳	مهندسی فروش	۶۰۰	۳۱۸۲	۴۰۲
۱۲	۲۰۴	رییس حسابداری فروش	۲۹۶	۱۳۳۳	۲۳۱
۱۳	۲۰۵	رییس حسابداری جاری	۶۷۷	۱۹۱۴	۲۱۸
۱۴	۲۰۶	دفتر امور مالی	۵۷۷	۲۱۶۰	۱۸۸
۱۵	۲۰۷	رییس امور مالی	۴۹۷	۲۰۰۱	۲۲۴
۱۶	۲۰۸	حسابداری فروش	۳۷۸	۱۹۵۸	۳۳۲
۱۷	۲۰۹	حسابداری عمرانی	۳۷۳	۱۹۱۱	۳۲۹
۱۸	۲۱۰	حسابداری طرحها	۵۶۵	۳۵۴۰	۱۳۹۰
۱۹	۳۰۱	اتاق باطری	۸۶۴	۶۷۴۴	۶۸
۲۰	۳۰۲	رییس حسابداری	۶۲۹	۱۸۰۱	۲۶۹
۲۱	۳۰۳	بهره برداری	۸۷۱	۲۴۰۷	۲۸۸
۲۲	۳۰۴	حسابرسی	۵۲۱	۱۶۵۴	۲۶۱
۲۳	۳۰۵	هماهنگی سازمانها	۱۰۳۶	۲۷۳۷	۳۵۵
۲۴	۳۰۶	امور بهره برداری	۵۲۷	۱۸۰۳	۳۱۲
۲۵	۳۰۷	رییس امور بهره برداری	۷۹	۷۸۴	۲۹۰
۲۶	۳۰۸	خدمات مشترکین	۵۵۶	۱۵۶۷	۲۶۳

جدول ۱۲۵.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۲۷	۳۰۹	حسابداری کالا	۶۶۲	۱۷۲۷	۲۷۶
۲۸	۳۱۰	محاسبات گاز	۶۸۶	۱۸۳۳	۲۷۷
۲۹	۳۱۱	رییس اندازه گیری	۸۵۶	۲۰۱۸	۳۴۱
۳۰	۳۱۲	اتاق کنترل	۱۱۰۳	۳۱۱۹	۲۷۲
۳۱	۳۱۳	بانک	۳۸۶۳	۱۸۴۷۹	۶۶۴۴
۳۲	۳۱۴	سرویس بهداشتی همکف شرقی	۲۳۷	۴۸۲	۳۴
۳۳	۳۱۵	سرویس بهداشتی همکف	۲۴۲	۴۸۴	۲۵
۳۴	۳۱۶	راهروهای طبقه اول	۵۵۲	۹۶۱	۳۲۷
۳۵	۳۱۷	راهروهای طبقه دوم	۱۴۵۳	۱۸۷۲	۳۲۰
۳۶	۳۱۸	راه پله همکف	۳۱۹	۱۴۰۵	۶۶
۳۷	۳۱۹	مهندسی فروش	۸۸۸	۳۰۳۱	۳۵۳
۳۸	۳۲۰	سرویس بهداشتی طبقه اول الف	۲۱۸	۴۱۹	۱۵
۳۹	۳۲۱	سرویس بهداشتی طبقه اول ب	۲۱۸	۳۳۸	۲۳
۴۰	۳۲۲	سالن کنفرانس	۶۲۹	۲۷۶۳	۳۴۱
۴۱	۳۲۳	راه پله طبقه اول	۳۷۵	۷۲۵	۴۴
۴۲	۳۲۴	آبدارخانه طبقه اول	۳۰۹	۶۹۷	۱۱۳
۴۳	۳۲۵	سرویس بهداشتی طبقه دوم ب	۲۸۶	۳۲۷	۳۴
۴۴	۳۲۶	سرویس بهداشتی طبقه دوم الف	۳۳۴	۵۲۶	۳۶

جدول ۱۲۵.۳: بار حرارتی و برودتی ساختمان بانک (ادامه)

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۴۵	۳۲۷	راهروهای طبقه دوم	۷۱۴	۱۰۵۱	۱۰۶
۴۶	۳۲۸	راه پله طبقه دوم	۱۴۵۳	۱۸۷۲	۳۲
		مجموع			۱۱۵۷
					۱۹۰۴

جدول ۱۲۶.۲: بار حرارتی و برودتی ساختمان امور مشترکین

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	امور مشترکین	۳۳۵۱	۱۳۱۰۴	۱۹۹۲
۲	واحد عملیات و امداد	۴۱۱۶	۱۲۵۱۳	۱۰۲
				مجموع
				۱۵۰۹۶
				۱۳۳۱۵

جدول ۱۲۷.۲: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان آموزش

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱	امور فرهنگی و کامپیوتر	۵۱۰	۱۲۵۵	۱۷۲
۲	کارشناس آموزش	۶۸۵	۱۴۷۴	۱۲۰
۳	رییس آموزش	۱۰۲۰	۱۸۷۱	۱۳۱
۴	ماشین نویسی	۲۹۳	۷۹۹	۸۸
۵	کتابخانه	۸۷۳	۲۲۶۷	۱۸۷
۶	کارمند ارشد آموزش	۶۳۰	۲۱۶۸	۵۵
۷	انبار سمعی و بصری	۲۳۶	۵۶۱	۱۰۷
۸	کلاس	۱۳۱۵	۱۴۹۶۹	۹۰۵
۹	کلاس	۲۱۶۱	۵۴۳۱	۱۴۵۲
۱۰	کلاس	۱۲۱۵	۱۳۶۰۵	۸۷۹
				مجموع
				۱۴۲۷
				۱۵۹۴
				۲۰۰۲
				۸۸۷
				۲۴۵۴
				۲۲۲۳
				۶۶۸
				۱۵۸۷۴
				۶۸۸۳
				۱۴۴۸۱

جدول ۱۲۷.۲: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان آموزش (ادامه)

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۱۱	سالن پذیرایی	۶۲۴	۱۹۸۵	۹۹۱
۱۲	نمازخانه	۵۱۴	۱۱۹۱	۳۷۱
۱۳	آبدارخانه	۴۲۴	۸۸۷	۱۰۴
۱۴	انبار	۱۷۶	۲۳۴	۱۹
۱۵	راهروها	۲۶۱۰	۳۶۴۷	۴۶۲
۱۶	سرویس بهداشتی	۳۰۴	۴۶۵	۲۴
			مجموع	۲۹۷۶

جدول ۱۲۸.۲: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد انبار کالا و بهره برداری

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
				محسوس	غیر محسوس
۱	۱۰۱	تکنسین حفاظت کاندی	۴۴۹	۱۷۲۱	۲۷۴
۲	۱۰۲	دفتر	۴۲۵	۱۶۹۰	۲۸۲
۳	۱۰۳	تکنسین تاسیسات	۴۲۵	۱۶۹۰	۲۸۲
۴	۱۰۴	تعمیرات و بهره برداری	۴۲۵	۱۶۹۰	۲۸۲
۵	۱۰۵	رییس تعمیرات	۸۱۶	۱۹۶۲	۲۸۲
۶	۱۰۶	تکنسین تاسیسات	۶۶۸	۱۶۶۸	۲۳۱
۷	۱۰۷	تکنسین شبکه	۴۰۷	۱۴۳۰	۲۸۲
۸	۱۰۸	مسئول امداد	۴۰۷	۷۹۰	۲۸۲
۹	۱۰۹	تکنسین تاسیسات	۴۰۲	۷۸۵	۲۱۶
۱۰	۱۱۰	مخابرات و تلمتری	۸۲۵	۲۴۸۱	۲۱۱
۱۱	۱۱۱	نمازخانه	۱۳۰۳	۳۵۵۹	۲۲۲
۱۲	۱۱۲	رییس امور کالا	۸۳۱	۴۸۳۱	۱۵۶۹
				مجموع	۲۲۴۴

جدول ۱۲۸.۲ (ادامه): بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان انبار کالا و بهره‌برداری

ردیف	شماره فضا	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W		
				محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱۳	۲۰۱	امور کالا	۶۲۳	۲۱۷۱	۲۹۹	۲۴۷۰
۱۴	۲۰۲	رسید و ارسال کالا	۸۰۹	۱۸۰۴	۲۱۸	۲۰۲۲
۱۵	۲۰۳	مسئول عملیات کالا	۸۱۹	۱۸۵۹	۲۵۴	۲۱۱۳
۱۶	۲۰۴	واحد خرید	۸۱۳	۱۸۳۲	۲۴۹	۲۰۸۱
۱۷	۲۰۵	دفتر	۸۱۳	۱۸۳۲	۲۴۹	۲۰۸۱
۱۸	۲۰۶	کنترل و تدارکات	۱۰۶۱	۲۰۷۰	۲۴۹	۲۳۱۹
۱۹	۲۰۷	آنالیز موجودی انبار	۹۸۹	۱۸۴۲	۲۳۸	۲۰۸۰
۲۰	۲۰۸	آنالیز اجناس اختصاصی	۷۴۲	۱۶۱۴	۲۳۸	۱۸۵۲
۲۱	۲۰۹	مسئول کنترل کالا	۷۴۷	۱۶۱۴	۲۴۳	۱۸۵۷
۲۲	۲۱۰	بازرسی کالا	۷۱۵	۱۵۴۴	۲۲۹	۱۷۷۳
۲۳	۲۱۱	انبار	۸۳۴	۱۲۵۰	۱۲۴	۱۳۷۴
۲۴	۲۱۲	دفتر	۱۱۸۰	۲۳۱۴	۲۴۰	۲۵۵۴
۲۵	۲۱۳	راهروهای همکف	۲۹۷۶	۳۸۵۹	۱۶۵۷	۸۰۷۰
۲۶	۲۱۴	راهروهای طبقه اول	۳۰۵۸	۳۶۸۹	۸۲۷	۴۵۱۶
۲۷	۲۱۵	سرویس بهداشتی همکف	۹۱۵	۱۱۷۰	۱۱۰	۱۲۸۰
۲۸	۲۱۶	سرویس بهداشتی طبقه اول	۹۶۹	۱۲۶۴	۹۷	۱۳۶۱
۲۹	۲۱۷	آبدارخانه همکف	۲۸۱	۶۵۶	۱۱۹	۷۷۵

جدول ۱۲۹.۲: بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W		
			محسوس	غیر محسوس	مجموع
۱	موتورخانه سردخانه	۲۸۴	۳۰۳	۱۵	۳۱۸
۲	ورودی آقایان الف	۱۶۹۶	۲۲۵۹	۸۸	۲۳۴۷
۳	ورودی آقایان ب	۱۶۹۶	۲۵۵۷	۸۸	۲۶۴۵

۸۷۸	۱۹	۸۵۹	۶۲۷	ورودی خانم‌ها الف	۴
۱۰۸۹	۱۷۱	۹۱۸	۴۵۹	آماده سازی گوشت	۵
۱۹۲۷	۲۲۸	۱۶۹۹	۱۰۹۰	انبار	۶
۱۲۵۸	۱۵۱	۱۱۰۷	۸۸۵	انبار ملزومات	۷
۵۵۲	۹۴	۴۵۸	۹۳	اتاق متصدی سالن	۸

جدول ۱۲۹.۲ (ادامه): بار حرارتی و برودتی حالت استاندارد ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

ردیف	نام فضا	بار حرارتی W	بار برودتی W	
			محسوس	غیر محسوس
۹	اتاق پیمانکار	۷۰	۲۶۰	۱۵۳
۱۰	اتاق برق	۵۵۱	۷۳۹	۱۹
۱۱	آبدارخانه مدیریت	۴۳	۱۳۵	۷۹
۱۲	آشپزخانه	۳۶۸۴	۲۵۳۱۵	۱۰۷۵۶
۱۳	بوفه	۸۷۴	۱۹۵۳	۸۷
۱۴	تالار اجتماعات	۱۴۳۵۲	۴۳۲۸۱	۵۴۹۹
۱۵	راهروها	۵۳۸	۱۰۱۴	-
۱۶	سرویس مدیریت	۱۶۴	۲۳۸	۱۸
۱۷	سرویس بهداشتی آقایان	۱۱۵۷	۱۶۹۳	۸۹
۱۸	سرویس بهداشتی خانم‌ها	۲۹۹	۳۵۱	۴۷
۱۹	سردخانه زیر صفر	۳۱۰	۳۲۷	۹
۲۰	سردخانه بالای صفر	۵۵	۷۷	۱۶
۲۱	غذاخوری آقایان	۴۵۲۹	۳۲۳۹۹	۱۳۷۰۰
۲۲	غذاخوری خانم‌ها	۸۰۰	۲۷۳۸	۱۴۲۹
۲۳	ظرفشویی و دیگ شویی	۱۰۹۱	۲۷۲۸	۳۳۳
۲۴	فروش ژتون	۱۱۷۰	۲۱۸۶	۱۳۳

۵.۲ منابع

- [۱] www.pep.moe.org.ir/_pep/Documents/dd320c03-7485-4a37b982e7fc39ce147d.pdf
- [۲] صادق زاده، س.م.، "تحلیل راهکارهای بهبود کارایی انرژی"، دفتر بهبود بهره‌وری و اقتصاد برق و انرژی، وزارت نیرو
- [۳] www.pieeee.moe.org.ir
- [۴] www.pieeee.moe.org.ir/_power
- [۵] میرزائی، م.، "توجه به بهینه سازی انرژی در ساختمانها، واحدهای مسکونی، تجاری و غیره"، شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی، منطقه تربت حیدریه
- [۶] خستو. بهمن، "حرارت مرکزی، تهویه مطبوع، تبرید(جلد اول)"، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۰.
- [۷] مقررات ملی ساختمان (مبحث نوزدهم: صرفه جویی در مصرف انرژی)، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، شهریور ۱۳۸۱.
- [۸] ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان قم، شرکت خدمات فنی و مهندسی نوین بهینه، اسفند ۱۳۸۷.
- [۹] فهرست بهای واحد پایه رشته‌ی ابنیه ۱۳۸۷.
- [۱۰] فهرست بهای واحد پایه رشته تاسیسات برقی ۱۳۸۷.
- [۱۱] طباطبایی. مجتبی، "محاسبات تاسیسات ساختمان"، تهران، روزبهان، ۱۳۸۱.

۳ تدوین راهنمای کاربردی نرم‌افزار انتخاب کنتور

در این قسمت مبانی تئوری نرم‌افزار و طریقه ورود اطلاعات و روش انتخاب بهترین کنتور بیان شده است. این اطلاعات کاربر را با تمامی مشخصات کنتور انتخاب شده توسط نرم‌افزار و نحوه کارکرد آن آشنا می‌کند و به کاربر کمک می‌کند تا بتواند مقایسه‌ی بهتری بین انواع کنتورهای رایج برای اندازه‌گیری دبی گاز داشته باشد. این مطلب از این جهت حائز اهمیت است که ممکن است برحسب شرایط عملیاتی و خواص فیزیکی تعریف شده برای نرم‌افزار، چند کنتور را پیشنهاد کند. در اینجا کاربر می‌بایست با آشنایی کامل از ویژگی‌های کنتورهای پیشنهادی و نوع نیاز شرکت گاز بهترین گزینه را انتخاب کند.

در اینجا روش کار و توضیحات مربوط به وارد کردن داده‌ها و انتخاب کنتور مناسب برای دو کنتور دیافراگمی و توربینی بیان شده است. در حالی که اساس کار برای تمامی کنتورها به همین صورت است. یعنی در این نرم‌افزار پس از ورود داده‌ها، نوع کنتور انتخاب شده و سپس شرکت سازنده آن را مشخص می‌کند. در پایان از بین محصولات آن شرکت بهترین مدل انتخاب خواهد شد.

۱.۳ انواع دبی‌سنج‌های جریان گاز

کاربر برای کار با نرم‌افزار اولین چیزی که لازم است بداند، مفاهیم و روابط بکار رفته است. این مفاهیم پایه و اساس برنامه می‌باشند. در برنامه انتخاب کنتور داده‌های بنیادی، اطلاعاتی بود که درمورد انواع دبی‌سنج‌ها در مرکز جمع‌آوری شده بود. در این راهنما ابتدا به معرفی انواع دبی‌سنج‌ها پرداخته شده سپس روش کار با نرم‌افزار شرح داده شده است. در این فصل انواع دبی‌سنج‌های جریان گاز دسته‌بندی شده و هر یک به طور مختصر معرفی می‌شود.

۱.۱.۳ دبی سنج جرمی حرارتی^۱

سرعت گرمای جذب شده توسط جریان سیال با دبی جرمی سیال نسبت مستقیم دارد. در این دبی سنج مولکول‌های یک گاز متحرک به منبع گرم برخورد می‌کنند و گرما را جذب می‌کنند و منبع سرد می‌شود. هر چه سرعت جریان افزایش یابد، تعداد مولکول‌هایی که به منبع گرم برخورد می‌کنند، افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان گرمایی که از منبع جذب می‌کنند افزایش می‌یابد. مقدار گرمایی که منبع گرم از دست می‌دهد با تعداد مولکول‌های گاز (جرم گاز)، خواص دمایی گاز و همچنین خواص جریان متناسب است. شکل این دبی سنج در شکل ۱.۲ نشان داده شده است.



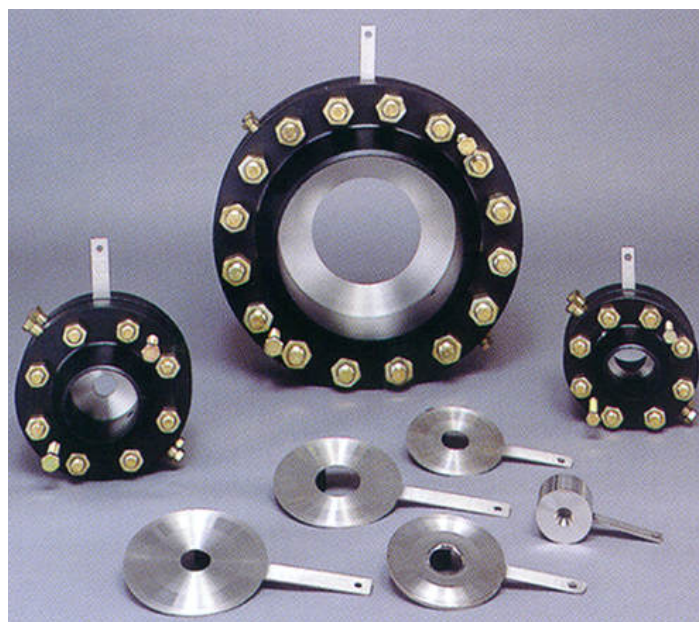
شکل ۱.۳: دبی سنج جرمی حرارتی

۲.۱.۳ دبی سنج‌های اختلاف فشاری^۲

این کنتورها از متداول‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی بوده که از گذشته تاکنون در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کنتورها به کمک یک بازدارنده‌ی جریان که در مسیر گاز نصب می‌شود، افت فشار در جریان بوجود آورده و با توجه به تناسب دبی عبوری با افت فشار تولید شده، دبی گاز مشخص می‌شود. دبی سنج‌های اوریفیسی از مشهورترین این نوع کنتورها می‌باشند. در شکل ۲.۳ نمونه‌ای از کنتورهای اختلاف فشاری مشاهده می‌شود.

^۱ Thermal Mass Flowmeter

^۲ Differential pressure



شکل ۲.۳: کنتور اختلاف فشاری (اوریفیسی)

۳.۱.۳ رتامتر^۱

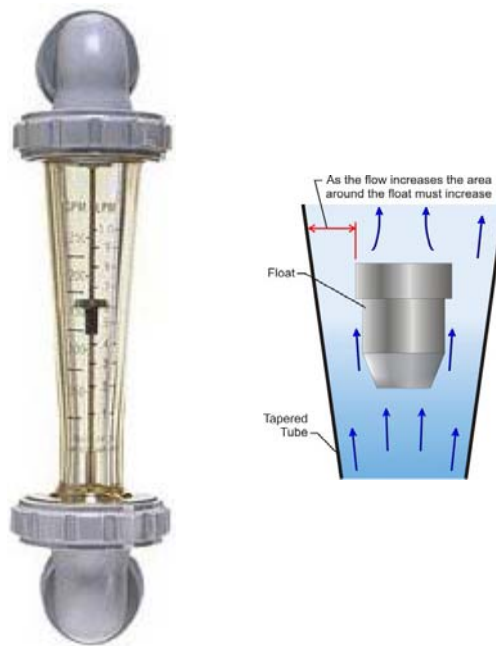
یکی از مهم ترین تولیدکنندگان رتامترها در اروپا Rota Yokogawa است. به طور کلی رتامترهایی با لوله های اندازه گیری از جنس شیشه، پلاستیک و فلز در دسترس هستند. خانواده ی رتامترها با لوله های اندازه گیری ۶mm تا ۱۲۵mm، محدوده ی دمایی از -180°C تا $+400^{\circ}\text{C}$ ، و $\pm 1/6\%$ خطا و قیمت مناسب در دسترس هستند. این دستگاه ها قبلا برای اندازه گیری دبی هوا و آب به کار می رفتند، ولی امروزه اثبات شده است که کاربردهایی نظیر صنعت گاز و سیالات ویسکوز (با گرانروی بالا) و غیرهادی شمیایی و بخار سوخت هم کاربرد دارند. شکل این دبی سنج در شکل ۳.۳ نشان داده شده است.



شکل ۳.۳: شکل دبی سنج رتامتر

۴.۱.۳ دبی سنج‌های سطح متغیر^۱

این نوع کنتورها، نوع خاصی از کنتورهای اختلاف فشاری می‌باشند. در کنتورهای اختلاف فشاری سطح مقطع ورودی ثابت و دبی بر اساس اختلاف فشار به وجود آمده محاسبه می‌گردد. در کنتورهای سطح متغیر، افت فشار ثابت بوده و دبی با تغییر در اندازه‌ی سطح مقطع ورودی تعیین می‌شود. در شکل ۴.۳ نمونه‌ای از کنتورهای سطح متغیر مشاهده می‌شود.



شکل ۴.۳: کنتور سطح متغیر

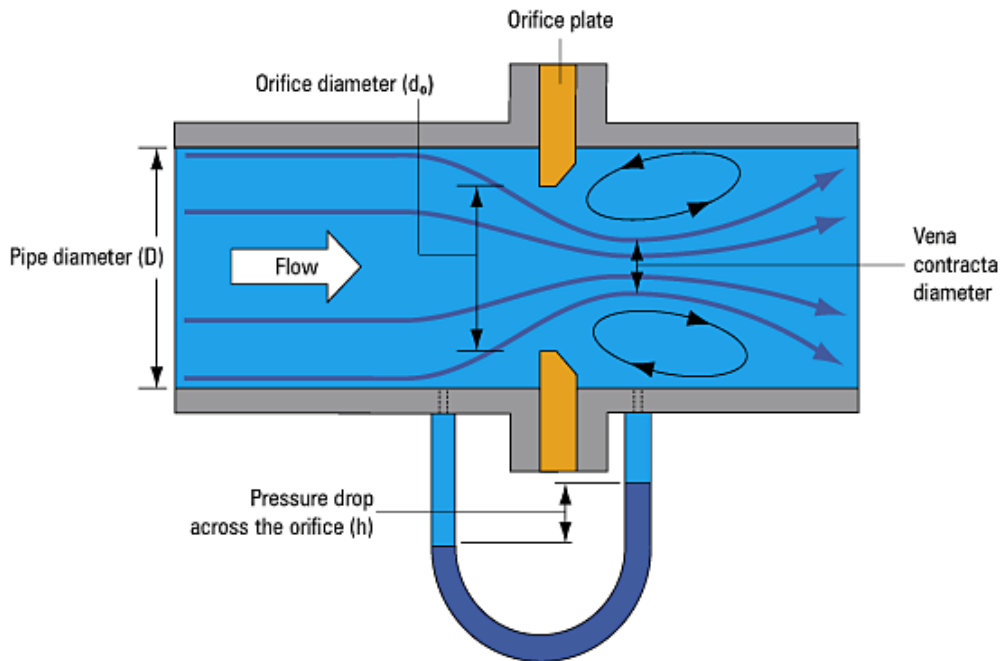
۵.۱.۳ دبی سنج اوریفیس^۲

اوریفیس به اندازه‌گیری دبی جریان بر اساس اختلاف فشار ایجاد شده در جریان بالادستی و پائین‌دستی یک گرفتگی در لوله، می‌پردازد. این گرفتگی توسط یک صفحه روزنه‌دار که در لوله قرار داده می‌شود، ایجاد می‌شود. هرچه دبی جریان بیشتر باشد اختلاف فشار جریان‌های بالادستی و پائین‌دستی بیشتر خواهد بود. صفحه‌های اوریفیس مدل‌های مختلفی دارند که عبارتند از :

^۱ Variable Area

^۲ Orifice Plate Flowmeter

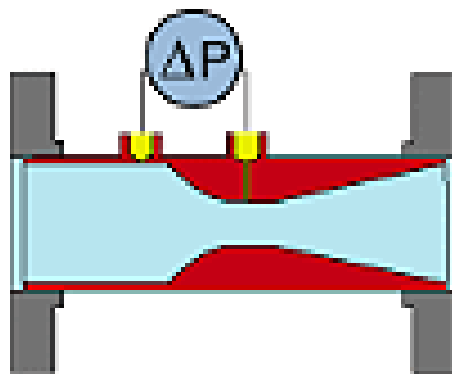
هم‌مرکز، مختلف‌المركز، segmental. هر یک از این مدل‌ها شکل مخصوص به خود را دارد. شکل این دبی‌سنج در شکل ۵.۳ نشان داده شده است.



شکل ۵.۳: دبی‌سنج اریفیس

۶.۱.۳ دبی‌سنج ونتوری^۱

این دستگاه جریان را به یک قسمت محصور شده برای جریان می‌فرستد و سپس اختلاف فشار دو قسمت محصور شده و نامحصور اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه اگر به طور صحیح کالیبره شود می‌تواند برای اندازه‌گیری‌های دقیق به کار گرفته شود. شکل این دبی‌سنج در شکل ۶.۳ نشان داده شده است.



شکل ۶.۳: دبی‌سنج ونتوری

۷.۱.۳ دبی سنج های کوریولیس^۱

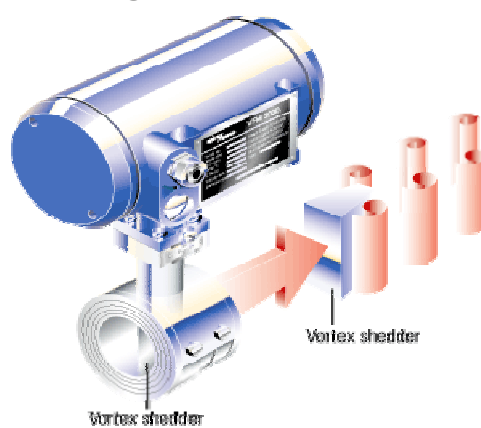
این نوع کنتورها دبی جرمی سیال را مستقیماً اندازه گیری می کنند. در شکل ۷.۳ نمونه ای از کنتورهای کوریولیس مشاهده می شود.



شکل ۷.۳: کنتور کوریولیس

۸.۱.۳ دبی سنج گردابه ای^۲

در این دبی سنج ها یک زائده در لوله باعث ایجاد گردابه هایی در جریان پائین دستی زائده می شود. سنسورهای دمایی و فشاری فرکانس گردابه ها را اندازه گیری می کنند تا سرعت جریان را اندازه گیری کنند. فرکانس تشکیل گردابه ها تابعی از سرعت عبوری جریان است. با اندازه گیری فرکانس تشکیل گردابه ها، سرعت دبی عبوری معین می شود. شکل این دبی سنج در شکل ۸.۳ نشان داده شده است.



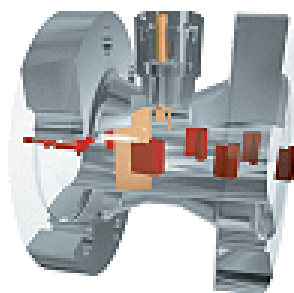
شکل ۸.۳: دبی سنج گردابه ای

^۱ Coriolis

^۲ Vortex Flowmeter

۹.۱.۳ دبی سنج گردابه‌ای جرمی چند متغیره^۱

بر خلاف کنتورهای اندازه‌گیری جریان گردابی معمولی که تنها دبی حجمی جریان را اندازه‌گیری می‌کرد دبی سنج گردابی جرمی چند متغیره، پنج متغیر فرآیند را با یک دستگاه یکپارچه با کاربرد سه نوع سنسور اولیه که عبارتند از: سنسور سرعت بیرون ریختن گرداب، دماسنج (سنسور دما) RTD و مبدل Solid-State Pressure، دبی جرمی گازها، مایعات و بخار را اندازه‌گیری می‌کند. ویژگی که این کنتور را از کنتورهای دیگر متمایز می‌کند توانایی آن برای مشاهده‌ی تمامی فرآیندهای متغیر در یک محل و افزایش دقت اندازه‌گیری است. مزیت این کنتور نسبت به دیگر کنتورها این است که متغیرها را در یک نقطه اندازه‌گیری می‌کند و بدین ترتیب دقت اندازه‌گیری آن به شدت بهبود می‌یابد. در حالی دیگر کنتورها از چندین نقطه برای اندازه‌گیری متغیرهای جریان استفاده می‌کنند. نمایی از این دبی سنج در شکل ۹.۳ نشان داده شده است.



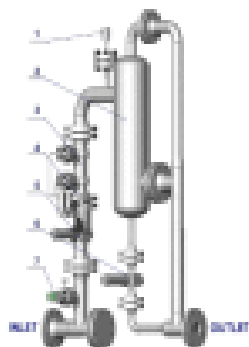
شکل ۹.۳: دبی سنج گردابه‌ای جرمی چند متغیره

۱۰.۱.۳ دبی سنج چندفازی^۲

این دبی سنج برای اندازه‌گیری دقیق سرعت جریان نفت، گاز و آب در چاه‌های نفت بکار می‌رود، بدون آنکه جداسازی، مخلوط کردن و یا بخش‌های متحرک در آن وجود داشته باشد. این کنتورها پیشرفته‌ترین نوع کنتورها در بازار جهانی هستند و لذا دقت و تجربه بالایی در استفاده از آنها نیاز است. شکل این دبی سنج در شکل ۱۰.۳ نشان داده شده است.

^۱ Multiparameter Mass Vortex Flowmeter

^۲ Multiphase Flowmeter



شکل ۱۰.۳: دبی سنج چندفازی

۱۱.۱.۳ دبی سنج کالریمتریک^۱

در این دبی سنج دو PTCs^۲ در دو سر یک میله قرار داده می شود. یکی از این PTC ها در دمای سیال و دیگری به دمایی بالاتر از دمای سیال حرارت داده می شود. وقتی جریان از روی میله حرکت می کند جریان هدایتی متناسب با سرعت جریان تغییر می کند. در نتیجه PTC ها سیگنالی ایجاد می کنند که به وسیله آن دبی جریان اندازه گیری می شود. این کنتورها برای اندازه گیری هر نوع جریانی به کار می روند. شکل این دبی سنج در شکل ۱۱.۳ نشان داده شده است.



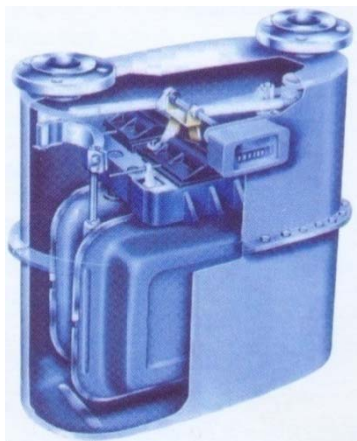
شکل ۱۱.۳: دبی سنج کالریمتریک

۱۲.۱.۳ دبی سنج های دیافراگمی

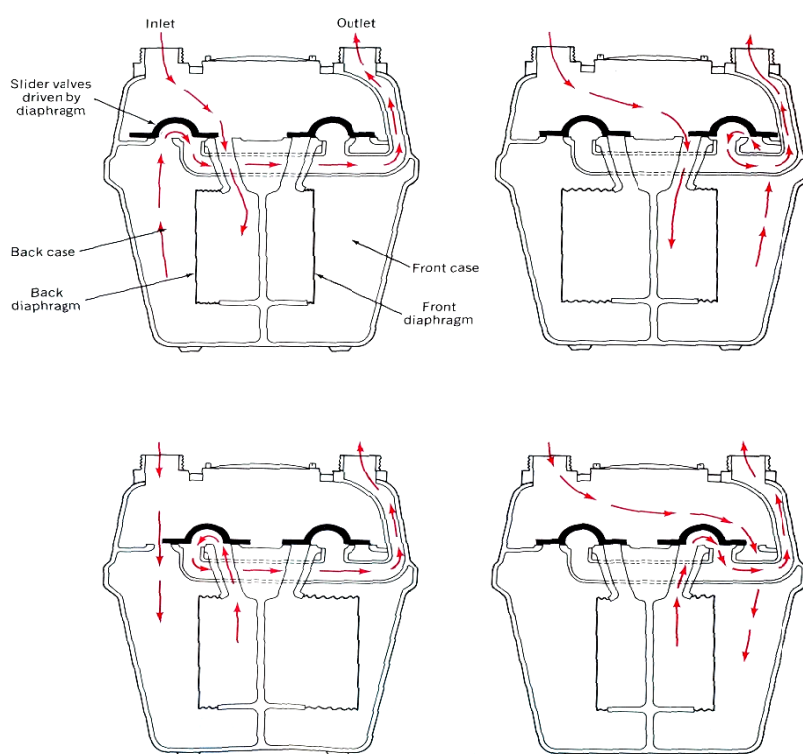
دبی سنج های دیافراگمی یکی از انواع دبی سنج های جابجایی هستند که مجرای عبوری جریان از دبی سنج طوری طراحی شده است که بهترین شرایط عملیاتی و کمترین افت فشار را ایجاد کند. این دبی سنج ها برای اندازه گیری دبی گاز طبیعی و دیگر گازها تا فشار ۰.۵ bar مناسب هستند. بازه اندازه گیری دما در آنها بین ۲۰- الی ۵۰ درجه سانتیگراد است. نمای ظاهری این دبی سنج در شکل ۱۲.۳ و مکانیزم کارکرد آن در شکل ۱۳.۳ نشان داده شده است.

^۱ Calorimetric Flowmeter

^۲ positive temperature coefficient thermistors



شکل ۱۲.۳: دبی سنج های دیافراگمی



شکل ۱۳.۳: نحوه کارکرد دبی سنج های دیافراگمی

۱۳.۱.۳ دبی سنج های دیافراگمی شرکت Elster-Instrument

شرکت Elster-Instrument یک شرکت آلمانی است که در زمینه سیستم های اندازه گیری گاز و دستگاه های کنترلی و سیستم های در ارتباط با صنعت گاز فعالیت می کند. مشخصات این شرکت در ذیل آورده شده است.

Elster-Instrument GmbH · Steinern Straße 19 - 21 · 55252 Mainz-Kastel
 Postfach 129 · 55248 Mainz-Kastel
 Tel.: +49 (0) 6134 - 605 - 0 · Fax: +49 (0) 6134 - 605 - 390

E-Mail: info@elster-instromet.com

/Internet: http://www.elster-instromet.com

:Commercial register of the local courts

Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9318

VAT identification number: DE811120204

۱. سری BK-G1.6 - BK-G6

این سری دبی سنج های دیافراگمی تجاری هستند. این دبی سنج ها در دو نوع two-pipe و co-axial موجود می باشند. قسمت اندازه گیری این دبی سنج بر اساس اصل کنترل پنوماتیک عمل می کند. لذا دارای صدای کم و پایداری بالا و دقت بالا بوده و دارای تصحیح کننده با مکانیزم مکانیکی برای دما در آن وجود دارد. شکل این دبی سنج ها در شکل ۱۴.۳ آورده شده است. دیگر مشخصات آنها در جدول ۱.۳ آورده شده است.



شکل ۱۴.۳: دبی سنج های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G1.6 - BK-G6

جدول ۱.۳: مشخصات دبی سنج های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G1.6 - BK-G6

Model	Cyclic volume	Rangeability	TC correction range
BK-G 1.6	0.8 litres	0.016 –3 m3/h	(not BK-G 1.6 V 0.8)
BK-G 2.5	1.2 litres	0.025 –4 m3/h	-5 °C to +35 °C (standard)
BK-G 4	2.0 litres	0.04 –6 m3/h	-20 °C to +50 °C (optional)
BK-G 6	3.5 litres	0.06 –10 m3/h	

۲. سری BK-G10 - BK-G25

این سری دبی سنج‌های دیافراگمی تجاری هستند. این دبی سنج‌ها در دو نوع two-pipe و co-axial موجود می‌باشند و دارای محفظه فولادی پرس شده می‌باشند. قسمت اندازه‌گیری این دبی سنج بر اساس اصل کنترل پنوماتیک عمل می‌کند. لذا دارای صدای کم و پایداری بالا و دقت بالا هستند. شکل این دبی سنج‌ها در شکل ۱۵.۳ آورده شده است. دیگر مشخصات آنها در جدول ۲.۳ آورده شده است.



شکل ۱۵.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instrome سری BK-G25 - BK-G10

جدول ۲.۳: مشخصات دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G25 - BK-G10

Model	Cyclic volume	Rangeability
BK-G 10	6 litres	0.1 - 16 m3/h
BK-G 16	6 litres	0.16 - 25 m3/h
BK-G 25	12 litres	0.25 - 40 m3/h

۳. سری BK-G40, BK-G65, BK-G100

این سری دبی سنج‌های دیافراگمی فشرده و سبک صنعتی هستند که برای پاسخگویی به نیاز دقت اندازه‌گیری بالا و ایمنی در صنعت ساخته شده‌اند و دارای دو نوع one-pipe و two-pipe هستند. شکل این دبی سنج‌ها در شکل ۱۶.۳ آورده شده است. دیگر مشخصات آنها در جدول ۳.۳ آورده شده است.



شکل ۱۶.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G40, BK-G65, BK-G100

جدول ۳.۳: مشخصات دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری BK-G40, BK-G65, BK-G100

Model	Cyclic Volume	Rangeability
BK-G 40	18 dm ³	0.4 - 65 m ³ /h
BK-G 65	24 dm	0.65 - 100 m ³ /h
BK-G100	48 dm ³	1.0 - 160 m ³ /h

۴. سری High Pressure-DM

این سری دبی سنج‌های جزء دیافراگمی فشار بالا هستند. این دبی سنج‌ها دارای دیافراگم سنتزی با کیفیت بالا هستند و بر اساس اصل محفظه اندازه‌گیری ثابت کار می‌کنند. لذا دارای پایداری بالا و دقت بالا می‌باشند. شکل این دبی سنج‌ها در شکل ۱۷.۳ آورده شده است. دیگر مشخصات آنها در جدول ۴.۳ آورده شده است.



شکل ۱۷.۳: دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری High Pressure-DM

جدول ۴.۳: مشخصات دبی سنج‌های دیافراگمی شرکت Elster-Instromet سری High Pressure-DM

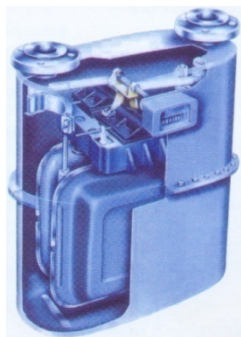
Model	Rangeability	Line pressure
G4	0.04 - 6 m ³ /h	up to 25 bar,
G6	0.06 - 10 m ³ /h	other pressures on request

۱۴.۱.۳ شرکت صنایع پارا

در این بخش دبی سنج‌هایی که تحت لیسانس شرکت پارا می‌باشند معرفی شده‌است.

۱. دبی سنج‌های دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 100/G 25/G 40/G 65

این سری دبی سنج‌های دیافراگمی قدرت اندازه‌گیری بالایی دارند و برای لوله‌های بزرگ گاز قابل استفاده هستند. بخش‌های متحرک این دبی سنج به‌طور خودکار روغن کاری می‌شوند. این دبی سنج‌ها دارای بدنه استیل می‌باشند و مطابق استاندارد UNI – CGI 7988 BS 4161 – DIN 3374 – EN در برابر شرایط جوی مقاوم هستند. این دبی سنج‌ها قابلیت کنترل از راه دور دارند. شمای برش خورده‌ای از این دبی سنج‌ها در شکل ۱۸.۳ و مشخصات فنی آنها در جدول ۵.۳ آورده شده‌است.



شکل ۱۸.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 100/G 25/G 40/G 65

جدول ۵.۳: مشخصات فنی کنتورهای دیافراگمی G100/G25/G40/G65

Class			G100	G25	G40	G65
Cyclic Volume	dm ³		88	20	35	60
Maximum Flow Rate	m ³ /h		160	40	65	100
Minimum Flow Rate	dm ³ /h		1000	250	400	650
Maximum working pressure	bar		0.5	0.6	0.6	0.6
Working temperature range	°C		-25 a/to +60	-25 a/to +60	-25 a/to +60	-25a/to +60
Maximum permissible errors	-Qmin < Q < Qmin	%	±3	±3	±3	±3
	- 2Qmin ≤ Q ≤ Qmax	%	±2	±2	±2	±2
Maximum totalizer capacity	m ³		999999.99	999999.99	999999.99	999999.99
Totalizer scale division	m ³		0.002	0.002	0.002	0.002

۲. دبی سنج دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 10/G 16

این دبی سنج‌های دیافراگمی فضای کمی اشغال می‌کنند و وزن کمی دارند. این دبی سنج‌ها قدرت اندازه‌گیری بالایی دارند و به‌طور ۱۰۰٪ در مقابل خوردگی مقاوم هستند. از دیگر ویژگی‌های این دبی سنج‌ها می‌توان به قابلیت کنترل از راه دور آنها اشاره نمود. نمایی از این دبی سنج‌ها در شکل ۱۹.۳ مشخصات فنی آنها در جدول ۶.۳ آورده شده‌است.



شکل ۱۹.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G 10/G 16

جدول ۶.۳: مشخصات فنی کنتورهای دیافراگمی G10/G16

Class			G10	G16
Cyclic Volume		dm ³	10	
Maximum Flow Rate		m ³ /h	16	25
Minimum Flow Rate		dm ³ /h	100	160
Maximum working pressure (NPL)		bar	0.2	
Maximum working pressure (NPA)		bar	1	
Working temperature range		°C	da / from -25 a/to +60	
Maximum permissible errors	$Q_{min} \leq Q < Q_{min}$	%	±3	
	$2Q_{min} \leq Q < Q_{max}$	%	±2	
Maximum totalizer capacity		m ³	999999.99	
Threaded connection diameter		inch	2''	
Distance between connections		mm	280	

۳. کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G6

دبی سنج دیافراگمی مدل G6 منطبق با استانداردهای EFC اروپا و IGS ایران است. دقت در اندازه گیری آن با سیستم MAGNETIC COUPLING تعیین شده است و کالیبراسیون آن با دستگاه های SONIC NOZZLE انجام شده است. این دبی سنج بدنه استیل دارد و در برابر خوردگی ۱۰۰٪ مقاوم است و همچنین مطابق استاندارد در مقابل شرایط جوی از درجه حرارت C ۳۰- الی C ۶۰+ مقاوم است. نمایی از این دبی سنج در شکل ۲۰.۳ و مشخصات فنی آن در جدول ۷.۳ آورده شده است.



شکل ۲۰.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G6

جدول ۷.۳: مشخصات فنی کنتور دیافراگمی G6 NP

ردیف	شرح	واحد	مقدار
۱	حجم نیم دهلیزها	دسیمتر مکعب	۲
۲	حداکثر حجم گاز عبوری	متر مکعب در ساعت	۱۰
۳	کمترین حجم گاز عبوری	دسیمتر مکعب در ساعت	۶۰
۴	حد مجاز دما	سانتیگراد	$+۶۰^{\circ}$ الی -۳۰°
۵	دقت اندازه گیری		$\pm 2\%$ ، $\pm 3\%$

۴. کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4

این نوع دبی سنج فضای کمی را اشغال می کند، دبی هایی در محدوده $۰/۰۴ \text{ m}^3/\text{h}$ تا $۶ \text{ m}^3/\text{h}$ را اندازه گیری می کند، در برابر آتش مقاوم است. حداکثر فشار عملیاتی این دبی سنج برای مدل با بدنه استیل $۰/۵ \text{ bar}$ و برای مدل با بدنه آلومینیوم ۱ bar است. مطابق استاندارد در مقابل شرایط جوی از درجه حرارت ۳۰° C الی ۶۰° C مقاوم است. در برابر آلودگی های گاز مقاوم است. نمایی از این دبی سنج در شکل ۲۱.۳ آورده شده است.



شکل ۲۱.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4

۵. دبی سنج دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4 NP

این دبی سنج تحت لیسانس شرکت NP ایتالیا، مورد تایید شرکت ملی گاز ایران می باشد. کنتورهای گاز پارا با استفاده از آزمایشگاه های مدرن کالیبره Sonic nozzle Test Bench Bell Prover مراحل دقیق آزمایش های دقت و افت فشار، $(2\%) \text{ Q Min}$ ، 0.2 Q Min ، Q MAX ($\pm 2\%$)، تست دمای محیط، تست طول عمر، تست مقاومت در برابر آب، آب نمک و اشعه ماوراء بنفش را با موفقیت گذرانده است. این دبی سنج مطابق استاندارد در مقابل شرایط جوی

از درجه حرارت 30°C الی 60°C مقاوم است. نمایی از این دبی سنج در شکل ۲۲.۳ آورده شده است. در پایان مشخصات کلی این دبی سنج ها در جدول ۸.۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۲.۳: کنتور دیافراگمی با بدنه استیل و شماره انداز مگنتیک G4 NP

جدول ۸.۳: مشخصات دبی سنج های دیافراگمی

Model	Temperature(c)	Maximum Pressure(bar)	Accuracy	Flow(m ³ /h)
G 1.6	-20 to 50	0.5 (steel) 1 (Aluminum)	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.016-3
G 2.5	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.025-4
G 4	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.04-6
G 6	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.06-10
G 10	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.1-16
G 16	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.16-25
G 25	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.25-40
G 40	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.4-65
G 65	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.65-100
G 100	-20 to 50	0.5	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	1-160
G 4 (High Pressure)	-20 to 50	Up to 25	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.04-6
G 6 (High Pressure)	-20 to 50	Other pressure on request	$\pm 3\%$ for $Q_{\min} < Q < 2Q_{\max}$ $\pm 2\%$ for $2Q_{\min} < Q < Q_{\max}$	0.06-10

۱۵.۱.۳ دبی‌سنج‌های آلتراسونیک

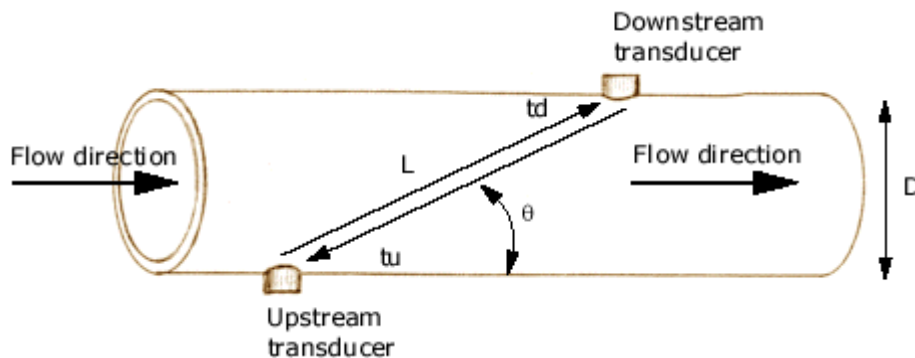
دبی‌سنج‌های آلتراسونیک بر دو نوع زیر هستند:

۱. دبی‌سنج آلتراسونیک پالسی

۲. دبی‌سنج آلتراسونیک انتقال دوپلری

۳. دبی‌سنج آلتراسونیک پالسی

در این دبی‌سنج یک جفت ترانسدیوسر که هر کدام گیرنده و فرستنده مخصوص به خود را دارند بر روی دیواره‌های لوله قرار گرفته‌است. یک جفت از این گیرنده و فرستنده‌ها بر روی دیواره‌ی بالادستی و جفت دیگر بر روی دیواره‌ی پایین‌دستی قرار گرفته‌است. زمان مورد نیاز برای انتقال موج صوتی از ترانسدیوسر بالادستی به ترانسدیوسر پایین‌دستی که با t_d نمایش داده می‌شود کوتاه‌تر از زمان مورد نیاز برای انتقال موج صوتی از ترانسدیوسر پایین‌دستی به ترانسدیوسر بالادستی است که با t_u نمایش داده می‌شود. این اختلاف زمان به سرعت سیال بستگی دارد. شماتیکی از این نوع دبی‌سنج در شکل ۲۳.۳ آورده شده‌است.



شکل ۲۳.۳: شکل شماتیک کارکرد دبی‌سنج آلتراسونیک پالسی

که t_u و t_d را می‌توان از معادلات زیر محاسبه نمود:

$$t_d = \frac{L}{c + V \cos \theta} \quad (1.3)$$

$$t_u = \frac{L}{c - V \cos \theta} \quad (2.3)$$

که در آنها پارامترهای مختلف به شکل زیر تعریف می‌شوند:

$$C = \text{سرعت صوت در سیال}$$

$$L = \text{فاصله‌ی میان ترانسدیوسرها}$$

$$V = \text{سرعت سیال}$$

$\theta =$ زاویه سیگنال ارسال شده با جهت جریان

اختلاف میان این دو زمان از معادله‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned} \Delta t = t_u - t_d &= \frac{L}{c - V \cos \theta} - \frac{L}{c + V \cos \theta} & (۳.۳) \\ &= L \frac{2V \cos \theta}{c^2 - V^2 \cos^2 \theta} \\ &= \frac{\frac{2VX}{c^2}}{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2 \cos^2 \theta} = L \frac{2V \cos \theta}{c^2 - V^2 \cos^2 \theta} \end{aligned}$$

X در معادلات قبل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$X =$ طول تصویر افقی فاصله میان ترانسدیوسرها

معمولاً سرعت سیال کوچکتر از سرعت صوت در سیال است و با توجه به این موضوع می‌توان

اختلاف زمان را از معادله زیر محاسبه نمود:

$$\Delta t \approx \frac{2VX}{c^2} \quad (۴.۳)$$

$$V = \frac{c^2 \Delta t}{2X} \quad (۵.۳)$$

لازم به ذکر است که سرعت صوت در سیال تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله دما و دانسیته قرار

دارد. می‌توان سرعت صوت را بر اساس زمان‌های انتقال موج صوتی بیان کرد:

$$c + V \cos \theta = \frac{L}{t_d} \quad (۶.۳)$$

$$c - V \cos \theta = \frac{L}{t_u} \quad (۷.۳)$$

$$c = \frac{1}{2} \left[L \left(\frac{1}{t_d} + \frac{1}{t_u} \right) \right] = \frac{(t_d + t_u) L}{2 t_d t_u} \quad (۸.۳)$$

بنابراین با توجه به رابطه به دست آمده برای C سرعت سیال (V) فقط تابعی از مختصات ترانسدیوسرها (L,X) خواهد بود:

$$V = \frac{c^2 \Delta t}{2X} = \left[\frac{(t_d + t_u) L}{t_d t_u} \frac{L}{2} \right]^2 \frac{\Delta t}{2X} \quad (9.3)$$

$$= \frac{L^2}{8X} \left[\frac{(t_u + t_d)}{t_u t_d} \right]^2 \Delta t$$

$$= \frac{L^2}{8X} \left[\frac{(t_u + t_d)^2 (t_u - t_d)}{t_u^2 t_d^2} \right]$$

(۱۰.۳)

$$(t_u + t_d)^2 = 4 \left(\frac{t_u + t_d}{2} \right) \left(\frac{t_u + t_d}{2} \right) = 4 \left(t_u - \frac{\Delta t}{2} \right) \left(t_d + \frac{\Delta t}{2} \right)$$

$$= 4 \left[t_u t_d + \frac{\Delta t}{2} (t_u - t_d) - \frac{\Delta t^2}{4} \right]$$

$$= 4 \left[t_u t_d + \frac{\Delta t^2}{4} \right]$$

$$\approx 4 t_d t_u$$

با توجه به رابطه‌ی به دست آمده می توان سرعت جریان را محاسبه نمود:

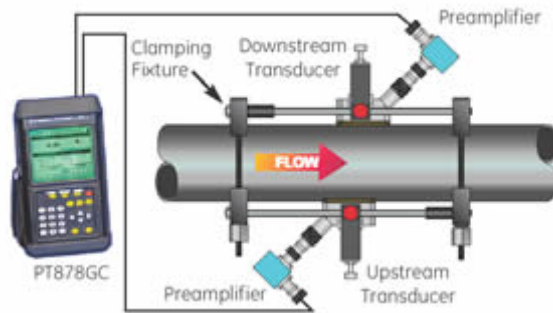
(۱۱.۳)

$$V = \frac{L^2}{8X} \left[\frac{(t_u + t_d)^2 (t_u - t_d)}{t_u^2 t_d^2} \right]$$

$$\approx \frac{L^2 \Delta t}{2X t_u t_d}$$

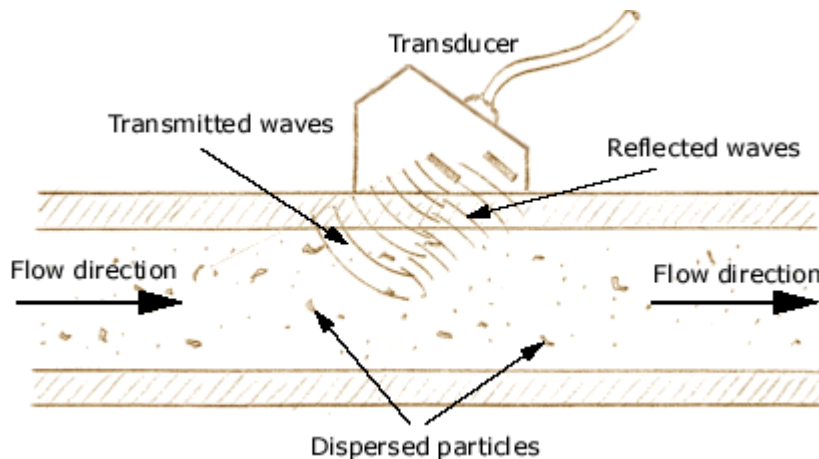
دبی سنج اولتراسونیک با پدیده دوپلر^۱

دبی سنج آلتراسونیک دوپلری بر اساس اصل جابه‌جایی دوپلر کار می‌کند. کنتورهای دوپلری سرعت ذرات متحرک با جریان سیال را اندازه‌گیری می‌کنند. سیگنال‌های صوتی با فرکانس‌های مشخص انتشار می‌یابند و انعکاس آنها از ذرات، توسط یک گیرنده گرفته می‌شود. سیگنال‌های دریافت شده آنالیز می‌شوند برای میزان انتقال فرکانس و نتایج مقدار میانگین میزان انتقال فرکانس می‌تواند به طور مستقیم با میانگین سرعت ذرات متحرک با سیال ارتباط داده شود. شکل این دبی سنج در شکل ۲۴.۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۴.۳: دبی سنج مافوق صوت با پدیده دوپلر

در صورتی که قطر درونی لوله مشخص باشد می‌توان دبی حجمی را اندازه‌گیری نمود. دبی‌سنج‌های دوپلری برای آنکه مقدار دبی را اندازه‌گیری کنند به مقدار کمی جامد یا هوا در جریان نیاز دارند. اگر تمامی ذرات پراکنده شده در جریان سیال در حال حرکت باشند آن‌گاه می‌توان سرعت جریان را از روی فرکانس انتقالی دوپلری محاسبه نمود. شکل شماتیک از این نوع دبی‌سنج در شکل ۲۵.۳ آورده شده است.



شکل ۲۵.۳: شماتیک کارکرد دبی‌سنج آلتراسونیک دوپلری

$$V_D = c f_D / 2f \cos \theta \quad (۱۲.۳)$$

که در آن پارامترهای مختلف به شکل زیر تعریف می‌شوند:

$$V_D = \text{سرعت جریان}$$

$$c = \text{سرعت صوت در سیال}$$

f_D = اختلاف فرکانس دوپلر (اختلاف میان فرکانس‌های گیرنده و فرستنده، توجه داشته باشید که

f_D با عدد ماخ V_D / c متناسب است.)

$$f = \text{فرکانس فرستنده}$$

θ = زاویه‌ی میان پرتو صوت و محورهای لوله

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک شرکت Elster-Instrument

شرکت الستر یک شرکت آلمانی است که در زمینه سیستم‌های اندازه‌گیری گاز و دستگاه‌های کنترلی و سیستم‌های در ارتباط با صنعت گاز فعالیت می‌کند.

۱. دبی‌سنج آلتراسونیک FlareSonic

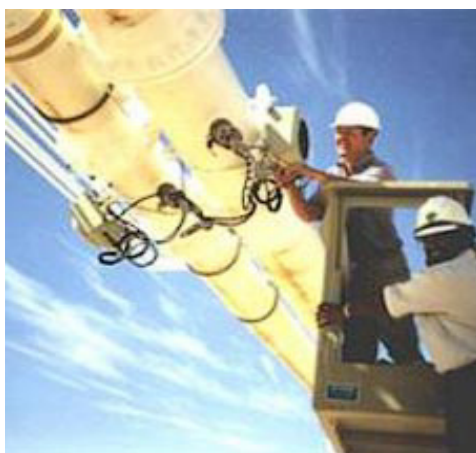
این دبی‌سنج ویژه‌ی اندازه‌گیری دبی گاز فلرهای پالایشگاهی است. همچنین امکان قرار دادن دیگر وسایل اندازه‌گیری در داخل جریان سیال^۱ از طریق این دبی‌سنج وجود دارد. نمایی از این دبی‌سنج را در شکل ۲۶.۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۲۶.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک FlareSonic شرکت الستر

۲. دبی‌سنج آلتراسونیک CheckSonic

این دبی‌سنج‌ها به علت عملکرد خطی، دقت و صحت بالایی دارند و به خاطر تکنولوژی خاص این وسیله، با افزایش طول مدت زمان رسیدن سیگنال از فرستنده به گیرنده، دقت بالایی را در اندازه‌گیری دبی فراهم می‌کند. به علت عدم وجود اجزای متحرک، این کنتور توانایی اندازه‌گیری دبی در جریان‌های پالسی را در محدوده‌ی وسیعی از دبی دارد و از آسیب ذرات جامد و سیالات مایع در امان است. نمونه‌ای از این دبی‌سنج در شکل ۲۷.۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۲۷.۳: دبی سنج آلتراسونیک CheckSonic شرکت الستر

دبی سنج آلتراسونیک USM

این دبی سنج برای اندازه گیری گاز طبیعی، نیتروژن، بیوگاز و هوای فشرده مناسب است. دبی سنج USM برای اندازه گیری جریان از دو کانال ورودی استفاده می کند و به همین علت ناآرامی های جریان بر روی آن کاملاً بی تأثیر است. این دبی سنج می تواند حجم واقعی $V(m^3)$ و دبی واقعی جریان $Q(m^3/h)$ را ثبت کند.

محدوده ای اندازه گیری این دستگاه ۱:۱۴۰ است. این دستگاه در محدوده $۲/۵-۱۶۰۰ m^3/h$ دبی را اندازه گیری می کند. حداکثر فشار کارکرد این دبی سنج ۱۶ بار است. این دبی سنج کوچک و کم حجم است و نیاز به نگهداری خاصی ندارد. تغییرات فشار روی آن بی تأثیر، نصب آن ساده و دو مسیر اندازه گیری دارد. نمونه ای از این دبی سنج در شکل ۲۸.۳ مشاهده می شود.



شکل ۲۸.۳: دبی سنج آلتراسونیک USM شرکت الستر

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک شرکت Flow Technology

شرکت Flow Technology یک شرکت آمریکایی است که در زمینه تولید سیستم‌های اندازه‌گیری نفت و گاز فعالیت می‌کند و در این زمینه حدود ۵۰ سال سابقه دارد. مشخصات این شرکت در ذیل آورده شده است.

۱. دبی‌سنج آلتراسونیک UGF 20

دبی‌سنج آلتراسونیک UGF 20 در هنگام اندازه‌گیری دبی هیچ‌گونه اختلاف فشاری در جریان گاز ایجاد نمی‌کند، این دبی‌سنج در مقابل نوسانات جریان و ذرات معلق در جریان آسیبی نمی‌بیند. این مدل دبی‌سنج قادر به اندازه‌گیری محدوده‌ی وسیعی از جریان می‌باشد و نیازی به دبی‌سنج‌های متعدد نخواهد بود.

دبی‌سنج آلتراسونیک UGF 20 به‌طور خودکار تغییرات سیگنال‌هایی را که به علت شرایط جریان مانند فشار و دبی ایجاد می‌شود جبران می‌کند. این دستگاه همچنین به یک نمایشگر LCD مجهز شده‌است که تغییرات دبی جریان را در هر لحظه، در طول مسیر و دبی کل جریان را نشان می‌دهد. از دیگر ویژگی‌های این دبی‌سنج می‌توان به اندازه‌گیری سرعت جریان مستقل از دیگر خواص گاز اشاره نمود، تکرار پذیری این دبی‌سنج $\pm 0.2\%$ است و استفاده از آن آسان است و هیچ‌گونه فرآیند پیچیده‌ای ندارد. این دبی‌سنج دو مسیر اندازه‌گیری دارد و از قدرت تفکیک بالایی برخوردار است. این دبی‌سنج در شکل ۲۹.۳ آمده است.



شکل ۲۹.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک UGF 20

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک شرکت OVAL

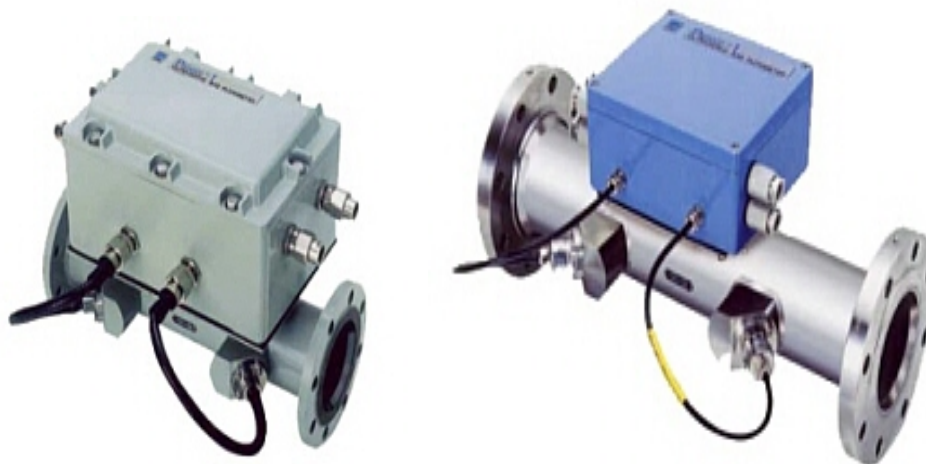
شرکت OVAL یک شرکت ژاپنی است که در زمینه سیستم‌های مربوط به صنایع گاز فعالیت دارد. مشخصات دفتر مرکزی این شرکت در ذیل آورده شده‌است.

Address : 3-10-8 kamiochiai, shinjuku-ku, Tokyo 161-8508

Tel : 81-3-3360-5121 (International Sales Div.)

۱. دبی‌سنج (Psonic-1)

این دبی‌سنج برای استفاده در فشارهای پایین گاز طراحی شده‌است. دبی‌سنج آلتراسونیک OVAL دقت و حساسیت بسیار خوبی دارد و افت فشار آن تقریباً صفر است. این دبی‌سنج قادر به اندازه‌گیری دبی‌های خیلی کم گاز است که در دیگر انواع دبی‌سنج‌ها به سختی قابل تشخیص است. این دبی‌سنج قادر به حفظ انرژی در فرآیند است و به علت وجود ریزپردازنده داخلی ساختار یا تغییرات در تنظیم دستگاه برای محدوده‌ی دبی‌های متفاوت مانند تعداد پالس‌ها، محدوده‌ی ابتدایی، فرآیند مشخصه‌ی اولیه و یا دیگر پارامترها به راحتی از راه دور امکان‌پذیر است. دو نمونه از این دبی‌سنج‌ها در شکل ۳۰.۳ و مشخصات فنی آنها در جدول ۹.۳ آمده‌است.



شکل ۳۰.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک Psonic-1 استاندارد (چپ)، دبی‌سنج آلتراسونیک Psonic-1 ضد حریق (راست)

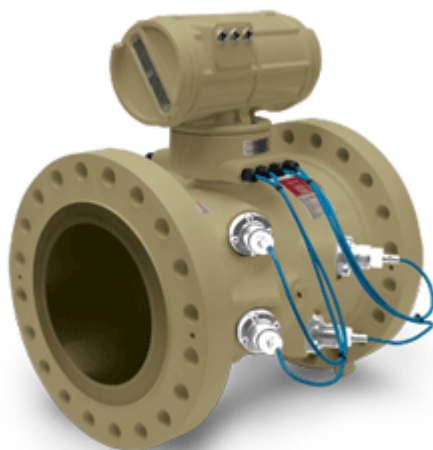
جدول ۹.۳: مشخصات فنی دبی‌سنج آلتراسونیک Psonic-1

Nominal size	50 to 250 mm(300 to 600mm available)	
Flow velocity range	-30 to +30 m/s	
Operating temp. range	-10 to +80 deg C.	
Max. Operating press.	1.96 MPa (Depends on process connection rating)	
Accuracy(Linearity)	±1% of RD ±0.03% of F.S.	
Converter	Output	Pulse, Analog, bi-directional flow signal (open collector)
	Communication	RS-485
	Power supply	85 to 264 VAC 50/60Hz or 20 to 30 VDC
Construction	Non-explosion-proof or explosion-proof	

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک شرکت Emerson Process Management

۱. دبی‌سنج آلتراسونیک Daniel SeniorSonic™

این دبی‌سنج برای مواردی که نیاز به دقت بالایی می‌باشد، طراحی شده‌است. این دستگاه دقتی در حدود $\pm 0.1\%$ دارد و محدوده‌ی اندازه‌گیری آن بین ۱-۱۰۰ می‌باشد. بعد از کالیبراسیون جریان، دستگاه در طولانی مدت به خوبی اندازه‌گیری را انجام می‌دهد. این دبی‌سنج جریان‌هایی با سرعت ۳۰-۴۰ m/s را با دقت خوبی اندازه‌گیری می‌کند و مجهز به یک سیستم الکترونیکی به نام Mark III است که به کمک آن داده‌های اندازه‌گیری شده سریعتر برای استفاده آماده می‌شوند. Mark III یک برد الکترونیکی است که امکان انتقال داده‌های اندازه‌گیری به کامپیوتر را فراهم کرده و از آن می‌توان برای محاسبه‌ی حجم تصحیح شده، دبی جرمی و سرعت صوت براساس استاندارد AGA 10 استفاده کرد. یکی دیگر از ویژگی‌های این دستگاه این است که به چهار مسیر chordal اجازه می‌دهد که دقت، پایداری و بخش‌های زائد و هزینه‌های عملکردی را ذخیره کند. نمایی از دبی‌سنج Daniel SeniorSonic و نمایی از Mark III™ Electronics به ترتیب در شکل ۳۱.۳ و شکل ۳۲.۳ آمده‌است.



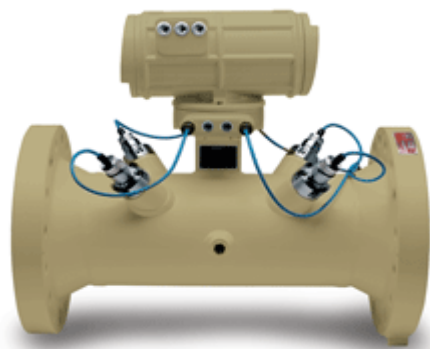
شکل ۳۱.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک Daniel SeniorSonic



شکل ۳۲.۳: Mark III™ Electronics

۲. دبی‌سنج آلتراسونیک Daniel JuniorSonic™

این دبی‌سنج دارای دقت خوبی است و در این دبی‌سنج نیز از Mark III™ Electronics استفاده شده است که موجب می‌شود مدیریت اطلاعات اندازه‌گیری بسیار سریع صورت پذیرد. این دستگاه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. شرکت Emerson دبی‌سنج JuniorSonic را در دو نوع تک و دو مسیره با قطر لوله‌هایی از ۴ تا ۴۲ اینچ طراحی کرده است. از دیگر مزایای این دستگاه می‌توان به امکان استفاده‌ی آن برای گازهای تر اشاره نمود. نمایی از این دبی‌سنج در شکل ۳۳.۳ آمده است.



شکل ۳۳.۳: دبی‌سنج Daniel JuniorSonic™

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک شرکت FMC Technology

شرکت FMC Technology یک شرکت آلمانی است که از سال ۱۹۶۲ در زمینه تولید سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل جریان مایع و گاز فعالیت خود را آغاز کرده‌است.

۱. دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 1200 Series B

دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 1200 Series B، ۶ مسیر اندازه‌گیری دارد و ترانسدیوسر پیشرفته آن امکان اندازه‌گیری دبی گاز را با دقت بالا فراهم می‌کند. این دبی‌سنج با اجزای الکترونیکی پیشرفته می‌تواند مقدار دانسیته را از روی سرعت صوت اندازه‌گیری نماید و تغییرات دما و فشار را جبران کند. نمایی از این دبی‌سنج در شکل ۳۴.۳ و مشخصات فنی آن در جدول ۱۰.۳ آمده‌است.



شکل ۳۴.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 1200 Series B

جدول ۱۰.۳: محدوده‌ی دبی برای دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 1200

Size	Meter/Second	Feet/Second
6-16 in.	0.4-30	1.3-98
18-30 in.	0.3-26	1.0-82
32-52 in.	0.2-20	0.7-50

۲. دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600 Series B

دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600 Series B ۳ مسیر اندازه‌گیری دارد و ترانسدیوسر پیشرفته آن امکان اندازه‌گیری دبی گاز را با دقت بالا فراهم می‌کند. دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600 پارازیت سیگنال‌های آلتراسونیک را برطرف می‌کند. ترانسدیوسر این دبی‌سنج را در هنگام عملیات می‌توان تعویض نمود. این دبی‌سنج با اجزای الکترونیکی پیشرفته می‌تواند مقدار دانسیته را از روی سرعت صوت اندازه‌گیری نماید و تغییرات دما و فشار را جبران کند. از این دبی‌سنج می‌توان در ایستگاه‌های گاز، ایستگاه‌های مخلوط کردن گاز، نیروگاه‌های برق، اتصالات خطوط لوله و ایستگاه‌های کمپرسور استفاده نمود. نمایی از این دبی‌سنج در شکل ۳۵.۳ و مشخصات فنی آن در

جدول ۱۱.۳ و جدول ۱۲.۳ آمده است.



شکل ۳۵.۳: دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600 Series B

جدول ۱۱.۳: محدوده‌ی دبی برای دبی‌سنج آلتراسونیک MPU 600

Size	Meter/Second	Feet/Second
4-16 in.	0.4-30	1.3-98
18-30 in.	0.3-26	1.0-82
36 in.	0.2-20	0.7-50

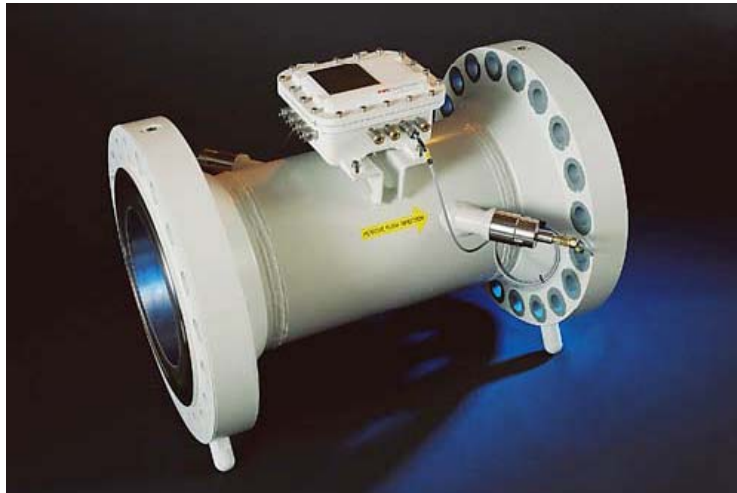
Size	ANSI 150		ANSI 300		ANSI 600		ANSI 900		ANSI 1500	
	Length (in/mm)	Weight (lb/kg)	Length (in/mm)	Weight (lb/kg)	Length (in/mm)	Weight (lb/kg)	Length (in/mm)	Weight (lb/kg)	Length (in/mm)	Weight (lb/kg)
4"	29" 737 mm	C/F	29" 737 mm	C/F	29" 737 mm	C/F	31" 787 mm	C/F	31" 787 mm	C/F
6"	29" 737 mm	400 lb 182 kg	29" 737 mm	450 lb 205 kg	29" 737 mm	525 lb 239 kg	31" 787 mm	600 lb 273 kg	34" 864 mm	800 lb 364 kg
8"	31" 787 mm	325 lb 148 kg	31" 787 mm	375 lb 170 kg	31" 787 mm	450 lb 205 kg	34" 864 mm	575 lb 261 kg	38" 965 mm	775 lb 352 kg
10"	35" 889 mm	425 lb 193 kg	35" 889 mm	500 lb 227 kg	35" 889 mm	650 lb 295 kg	38" 965 mm	800 lb 364 kg	44" 1118 mm	1200 lb 545 kg
12"	37" 940 mm	550 lb 250 kg	37" 940 mm	650 lb 295 kg	37" 940 mm	800 lb 364 kg	41" 1041 mm	1000 lb 455 kg	48" 1219 mm	1750 lb 795 kg
16"	40" 1016 mm	800 lb 364 kg	40" 1016 mm	1000 lb 455 kg	40" 1016 mm	1250 lb 568 kg	44" 1118 mm	1500 lb 682 kg	52" 1321 mm	3100 lb 1409 kg
20"	46" 1168 mm	1150 lb 523 kg	46" 1168 mm	1550 lb 705 kg	46" 1168 mm	1900 lb 864 kg	51" 1295 mm	2400 lb 1091 kg	60" 1524 mm	5000 lb 2273 kg
24"	53" 1346 mm	1800 lb 818 kg	53" 1346 mm	2400 lb 1091 kg	53" 1346 mm	2850 lb 1295 kg	61" 1549 mm	4250 lb 1932 kg	71" 1803 mm	8000 lb 3636 kg

جدول ۱۲۳: ابعاد صنعتی دبی سنج آلتراسونیک MPU 1200 و 600

۳. دبی سنج آلتراسونیک MPU 200 Series B

دبی سنج آلتراسونیک MPU 200 Series B یک مسیر اندازه گیری دارد و ترانسدیوسر پیشرفته آن امکان اندازه گیری دبی گاز را با دقت بالا فراهم می کند. این دبی سنج می تواند یکی از بهترین دبی سنج های رزرو باشد که برای افزایش دقت دستگاه به عنوان دبی سنج تأیید کننده صحت اندازه گیری دبی به کار می رود. از این دبی سنج می توان برای اندازه گیری دبی گازهای

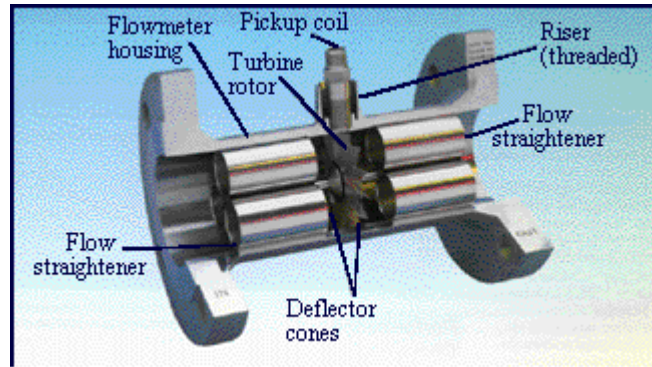
تر و آلوده استفاده کرد. دبی سنج آلتراسونیک MPU 200 پارازیت سیگنال‌های آلتراسونیک را برطرف می‌کند. ترانسدیوسر این دبی سنج را در هنگام عملیات می‌توان تعویض نمود. این دبی سنج با اجزای الکترونیکی پیشرفته می‌تواند مقدار دانسیته را از روی سرعت صوت اندازه‌گیری نماید و تغییرات دما و فشار را جبران کند. نمایی از این دبی سنج در شکل ۳۶.۳ آمده است.



شکل ۳۶.۳: دبی سنج آلتراسونیک MPU 200 Series B

۱۶.۱.۳ دبی سنج توربینی^۱

کنتورهای توربینی از جمله دقیق‌ترین نوع کنتورها بوده و در محدوده‌ی وسیعی از دبی گاز از acfm تا ۰/۰۰۱ تا ۲۵۰۰۰ acfm مورد استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت عمده این نوع دبی سنج‌ها با بقیه مدل‌ها در وجود یک بخش چرخان به نام روتور می‌باشد. با عبور سیال از دبی سنج، پره‌های تعبیه شده روی روتور حرکت کرده و روتور را می‌چرخانند. دبی گاز با اندازه‌گیری سرعت روتور تعیین می‌شود. و در دو نوع توربینی و paddlewheel می‌باشد. در نوع توربینی که در شکل ۳۷.۳ نشان داده شده است؛ جهت پره‌ها عمود بر جهت جریان است و در نوع paddlewheel که در شکل ۳۸.۳ نشان داده شده است؛ جهت پره‌ها در موازات جریان می‌باشد.

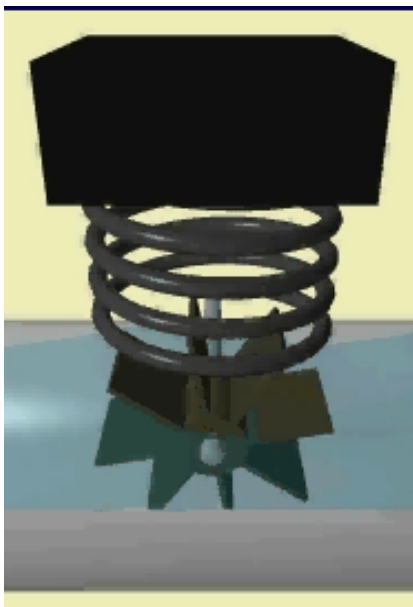


شکل ۳۷.۳: دبی سنج توربینی



شکل ۳۸.۳: دبی سنج از نوع Paddlewheel

در هر دو دبی سنج، سرعت سیال متناسب با سرعت زاویه‌ای سیال در نظر گرفته می‌شود. پره‌ها از جنسی انتخاب می‌شوند که در آنها مواد مغناطیسی بکار برده شده‌است. همانطور که در شکل ۳۹.۳ نشان داده شده است؛ با چرخش پره‌ها به وسیله جریان سیال، ایجاد یک شار مغناطیسی در یک میدان مغناطیس می‌شود. هر شار ایجاد پالسی می‌کند که با اندازه‌گیری تعداد پالس‌ها بوسیله یک سنسور، سرعت سیال محاسبه می‌شود.



شکل ۳۹.۳: نمائی از طرز عملکرد دبی‌سنج توربینی

از مزایای این دبی‌سنج می‌توان گفت:

- برای بازه وسیعی از مقدار جریان کاربرد دارد.
- دقت اندازه‌گیری در آن بسیار بالا است.
- برای سیالات مختلف با جنس‌های متنوع ساخته می‌شود.
- به خاطر سبکی پره‌ها، در شرایطی که جریان ناگهان تغییر می‌کند امکان اندازه‌گیری دقیق وجود دارد.
- از معایب آن، ایجاد افت فشار در جریان سیال می‌باشد.

شرکت‌های مختلف ارائه دهنده دبی‌سنج‌های توربینی

- RMG
- Instromet
- ACTARIS
- i-Meter

در ادامه، محصولات شرکت‌های مذکور مورد بحث قرار می‌گیرد.

شرکت RMG

این شرکت یک شرکت آلمانی است که محصولات آن در رده های گوناگون دبی سنج ها و کنترل ها ارائه شده است. این شرکت با آدرس اینترنتی www.rmg.de دارای سری های گوناگونی از دبی سنج های مورد نیاز صنایع مختلف بوده که در این میان سه مدل دبی سنج توربینی گازی مورد بحث قرار می گیرد.

۱. سری TRZ 03

بطور کلی این سری از کنتورها برای گاز طبیعی و مواد گازی غیرخورنده مناسب هستند، اما مدل خاصی از این سری برای گازهای خورنده نیز کاربرد دارد. از دیگر مشخصات این نوع می توان به شماره گر مکانیکی نشان دهنده کل جریان گاز عبوری بر حسب واحدهای حجمی (مترمکعب)، دقت اندازه گیری بالا، جریان گاز افقی یا عمودی و امکان اتصال به یک وسیله اندازه گیری کمکی (مثل integrator یا load recorder) اشاره کرد. ضمناً سری TRZ 03E هم موجود است که بدون شاخص مکانیکی و با خروجی الکتریکی برای سیستم های کامپیوتری کار می کند. سایر مشخصات این سری مطابق با استاندارد اروپایی PTB^۱ در جدول ۱۳.۳ آورده شده است. همچنین شکل ۴۰.۳ این سری از دبی سنج ها را نشان می دهد.

جدول ۱۳.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03 شرکت RMG

Max. service pressure p_{\max}	100 bar
Meter sizes	G 40 to G 16000 (from $Q_{\max} 65 \text{ m}^3/\text{h}$ to $Q_{\max} 25000 \text{ m}^3/\text{h}$)
Max. measuring range	1:50
Connections	DN 50 to DN 600 flanged to DIN PN 10, PN 16, PN 25, PN 40, PN 64, PN 100 and flanged to ANSI 150, ANSI 300, ANSI 600



شکل ۴۰.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری TRZ 03 شرکت RMG

۲. سری TRZ 03-TE/L

از مشخصات خاص این سری از کنتورها می‌توان به واحد جمع کننده الکتریکی (با عمر مفید حداقل ۶ سال)، فرستنده پالسی LF و HF در بالای کنتور، خروجی مداوم (به کمک یک منبع تأمین کننده انرژی خارجی) و محافظ انفجار (II 2 G EEx ib II C T4) اشاره کرد. همچنین برای گاز طبیعی و موادگازی غیرخورنده مناسب هستند. از دیگر مشخصات این نوع نشان دهنده جریان، دقت اندازه‌گیری بالا، جریان گاز افقی یا عمودی و مناسب بودن برای گاز طبیعی و موادگازی غیرخورنده می‌باشد. ضمناً سایر مشخصات این سری مطابق با استاندارد اروپایی PTB در جدول ۱۴.۳ آورده شده است. شکل ۴۱.۳ نمونه‌ای از این سری دبی سنج‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03-TE/L شرکت RMG

Max. service pressure p_{max}	100 bar
Meter sizes	G 100 to G 16000 (from Q_{max} 160 m ³ /h to Q_{max} 25000 m ³ /h)
Max. measuring range	1:50
Connections	DN 80 to DN 600 flanged to DIN PN 10, PN 16, PN 25, PN 40, PN 64, PN 100 and flanged to ANSI 150, ANSI 300, ANSI 600



شکل ۴۱.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری TRZ 03-TE/L شرکت RMG

۳. سری TRZ 03 L

تفاوت عمده این سری از کنتورها با سری‌های قبل مطابقت با راهنمای صنعتی G13 (معادل با تست IR-32/8 راهنمای OIML) و عدم نیاز به لوله ورودی اضافی حتی برای آشفتگی‌های زیاد جریان می‌باشد. از طرفی دیگر برای گاز طبیعی و مواد گازی غیرخورنده مناسب هستند، اما مدل خاصی از این سری برای گازهای خورنده نیز کاربرد دارد. از دیگر مشخصات این نوع می‌توان به شماره‌گر مکانیکی نشان دهنده کل جریان گاز عبوری بر حسب واحدهای حجمی (مترمکعب)، دقت اندازه‌گیری بالا، جریان گاز افقی یا عمودی، امکان اتصال به یک وسیله اندازه‌گیری کمکی (مثل integrator یا load recorder) به پیوست خروجی می‌باشد. ضمناً سایر مشخصات این سری مطابق با استاندارد اروپایی PTB در جدول ۱۵.۳ آورده شده است. شکل ۴۲.۳ نمونه‌ای از این سری دبی سنج‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۵.۳: سایر مشخصات سری TRZ 03 L شرکت RMG

Max. service pressure pmax	100 bar
Meter sizes	G 40 to G 10000 (from Qmax 65 m ³ /h to Qmax 16000 m ³ /h)
Max. measuring range	1:50
Connections	DN 50 to DN 600 flanged to DIN PN 10, PN 16, PN 25, PN 40, PN 64, PN 100 and flanged to ANSI 150, ANSI 300, ANSI 600



شکل ۴۲.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی سری RMG شرکت TRZ 03 L

شرکت Instromet

اطلاعاتی از مدل‌های مختلف شرکت Instromet که یک شرکت آمریکایی است و در زمینه سیستم‌های اندازه‌گیری گاز فعالیت می‌کند در این قسمت ارائه می‌شود. این شرکت یکی از برجسته‌ترین شرکت‌های سازنده تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل گازی در جهان بوده و بیش از ۲۰ کارخانه سازنده و دفاتر فروش بین‌المللی و نمایندگی در بیش از ۴۰ کشور دارد. آدرس اینترنتی شرکت مذکور www.instrometinc.com بوده و در ادامه محصولات آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. سری Q و QIC

این سری از کنتورها برای همه انواع گازهای خورنده کاربرد دارد. از دیگر مشخصات این نوع می‌توان به خروجی‌های استاندارد LF و HF اشاره کرد. همچنین این سری دبی‌سنج‌ها به یک پمپ روغن همراه مجهز هستند که بدین وسیله روغن می‌تواند درحالی که کنتور درحال کار است به یاتاقان‌ها تحمیل اضافه گردد. ضمناً سایر مشخصات این سری در جدول ۱۶.۳ آورده شده است. شکل ۴۳.۳ نمونه‌ای از این سری دبی‌سنج‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶.۳: مشخصات سری Q و QIC شرکت Instromet

Accuracy:	± 0.5% uncertainty
Diameters:	2", 3", 4", 6", 8", 10", 12", 16", 20", 24", 30"
Flange Ratings:	PN10 - PN100, ANSI150 - ANSI600
Frequency Transducer:	1 or more proximity probes
Index:	Multi index with LF pulse output
Pressure:	up to 100bar (1,450 psi)
Ranges:	3,500ACFH - 900,000ACFH
Turn-Down Ratio:	1:20 at atmospheric pressure (larger range at higher pressures)
Spec. Sheet / Brochure:	Turbine Gas Meter Type Q Brochure



شکل ۴۳.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری "Q" و "QIC" شرکت Instromet

۲. سری X-XIC

این سری از کنتورها نیز برای انواع گازهای خورنده کاربرد دارد. از دیگر مشخصات این نوع می‌توان به خروجی‌های استاندارد LF و HF اشاره کرد. همچنین این سری دبی سنج‌ها، Conditioner های جریانی دارای لیسانس X4X را همراه دارند. ضمناً سایر مشخصات این سری در جدول ۱۷.۳ آورده شده است. شکل ۴۴.۳ نمونه‌ای از این سری دبی سنج‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۷.۳: مشخصات سری X-XIC شرکت Instromet

Accuracy:	$\pm 0.5\%$ uncertainty ($\pm 0.25\%$ for larger at high pressure)
Diameters:	2", 3", 4", 6", 8", 10", 12", 16", 20", 24", 30"
Flange Ratings:	PN10 - PN100, ANSI150- ANSI600
Flow Conditioner:	Built-in X4X®, fulfills ISO 9951 with only 2D upstream piping
Frequency Transducer:	1 or more proximity probes
Index:	Multi index with LF pulse output
Pressure:	up to 100bar (1,450 psi)
Ranges:	G40 - G25,000
Turn-Down Ratio:	1:20 at atmospheric pressure (larger range at higher pressures)
Spec. Sheet / Brochure:	Turbine Gas Meter Type X Brochure



شکل ۴۴.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی سری X-XIC شرکت Instromet

شرکت ACTARIS

این شرکت یکی از سردسته‌های جهانی در طراحی و ساخت کنتورها و سیستم‌های وابسته برای بازارهای الکتریکی، گازی، آبی و حرارتی است. محصولات و سیستم‌های ابداعی این شرکت در برگیرنده آخرین تکنولوژی‌ها برای نایل شدن به نیازهای کارفرماهای سیستم‌های آبی و انرژی و خدمات همگانی و شرکت‌های صنعتی است. قابل ذکر است که تنها امکان ارتباطی وب سایت این شرکت <http://www.actaris.com> می‌باشد. در ادامه انواع دبی‌سنج‌های این شرکت معرفی می‌گردد.

۱. سری Fluxi 2000/TZ

این سری از کنتورها که برای گازهای طبیعی و انواع گازهای فیلترشده و غیرخورنده کاربرد دارد می‌تواند جریانات گاز متوسط تا زیاد را در فشار پایین، متوسط یا بالا اندازه‌گیری کند. چون این سری دبی‌سنج‌ها دارای دقت‌های خیلی زیاد متجاوز از نیازهای استاندارد و حساسیت پایین به اختلالات در جریانات گاز هستند، برای همه انواع کاربردهای مرتبط با توزیع و انتقال گاز بهینه شده‌اند. در شکل ۴۵.۳ نمونه‌ای از این سری دبی‌سنج‌ها نشان داده شده است. از ویژگی‌های بارز این سری کنتورها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- رفتار عالی در فشارهای بالا
- کمترین افت فشار
- دارای تأییدیه PTB با یک لوله مستقیم ورودی 2 DN، و لوله با اختلالات شدید جریانی خروجی 0 DN
- برآورده کردن همه استانداردهای بین‌المللی و جاری اروپا

- وجود گزینه‌های مختلف: نظیر پمپ روغن، فرستنده های پالسی و...
- محدوده جریان کاربرد: از 8 m³/h تا 10000 m³/h
- اتصالات: DN50 to DN500 mm ,Flanging: ISO PN10 to ISO PN110, ANSI150 to ANSI600



شکل ۴۵.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری Fluxi 2000/TZ شرکت ACTARIS

۲. سری MZ

این سری از کنتورها که برای گازهای طبیعی و سایرگازها و انواع گازهای فیلترشده و غیرخورنده کاربرد دارد، می تواند جریانات گاز کم تا متوسط و زیاد را در فشار پایین، متوسط یا بالا اندازه گیری کند. ضمناً با گزینه‌های اضافی مختلف و مناسبی که همراه با آنها موجود هستند، از جمله پمپ روغن و یک مدل پوشش PTFE این سری از دبی سنج‌ها را برای کارهای اندازه گیری سنگین مناسب کرده است. سایر مشخصات این سری در ذیل آورده شده است.

- وجود گزینه‌های مختلف: نظیر پمپ روغن، فرستنده‌ها و مدلی برای گازهای مهاجم
 - محدوده جریان کاربرد از 6 m³/h تا 10000 m³/h
 - اتصالات:
- DN50 to DN400 mm ,Flanging: ISO PN10 to ISO PN110, ANSI150 to ANSI600
- دقت اندازه گیری بالا

دو عدد فرستنده فرکانس پایین که به شکل استاندارد نصب شده است. همچنین در شکل ۴۶.۳ نمونه‌ای از این سری دبی سنج‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴۶.۳: دبی سنج‌های گازی توربینی سری MZ شرکت ACTARIS

شرکت i-Meter

نماینده این شرکت هلندی در ایران که محصولاتش در رده‌های گوناگون دبی سنج و کتور دارد شرکت صنایع پارا است که در تهران، خیابان سمیه، پلاک ۸، طبقه چهارم واقع شده است. در ادامه انواع دبی سنج‌های آن مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱. سری iMTM-CT

بنا به ادعای شرکت سازنده، مزیت‌های این سری کتورها عبارتند از:

- هزینه‌های تولید پایین‌تر، که این منجر به قیمت نازل‌تر محصول می‌شود.
- هزینه پایین‌تر در طراحی ایستگاه این سری به خریدار آینده اجازه می‌دهد تا با یک RMC ساده که در یک بدنه کتوری یکسان به لحاظ G-rating تقویت می‌گردد، تقاضای گاز را افزایش بدهد. بنابراین از افزایش گران و پیچیده سایز یک کتور که با کتورهای مرسوم کار می‌کنند دوری می‌شود.
- تعمیر آسان در محل با جایگزینی یک RMC از پیش کالیبره شده نو با G-rating یکسان یا G-rating دیگر
- کاهش هزینه تعمیر با حذف کردن تنها RMC و برگرداندن آن برای پیاده کردن کامل و برای تعمیر، و بنابراین دوری کردن از این زمان طولانی و غیرقابل قبول زمان تدارک برای تعمیر و اوراق کردن کامل کتورهای مرسوم

- افزایش زمان عمر با استفاده از یک سیستم روغن که نه تنها روغن را دریاتاقانها و همه قطعات محرک تازه کرده، بلکه همه گرد و خاکها را نیز خارج می کند.
 - کاهش حساسیت به شرایط سخت گاز با حفاظت بهبود یافته یاتاقانهای اصلی در برابر گرد و خاک
 - مناسب برای ساخت محلی، نصب و تولید مطابق با دستورالعملها و سطوح کیفی محلی در حالی که هنوز بالاترین قابلیت اعتماد، کارایی و دقت اندازه گیری را حفظ می کند.
- سایر مشخصات این سری در جدول ۱۸.۳ و

جدول ۱۹.۳ آورده شده و شکل ۴۷.۳ نمونه ای از این سری دبی سنجها را نشان می دهد.

جدول ۱۸.۳ : سایر مشخصات سری iMTM- CT شرکت i-Meter

Applications:	Media: natural gas, town gas, propane, inert gases. Industry: Gas supply, heating manufacturers, chemical industry
Pressure ratings:	Pressure ratings for PN10/16 and ANSI 150. Various flanges are available on request. (DIN Flanges, ANSI Flanges, JIS Flanges and others)
Nominal diameters:	50 mm (2") to 200 mm (8"). Larger sizes on request.
Measuring range:	20: 1 minimum or better at atmospheric conditions up to 50: 1 at higher densities.
Flow rates:	8 m ³ /h up to 4000 m ³ /h
Repeatability:	better than 0,1 %
Measuring accuracy:	0,2 Qmax to Qmax : ± 1 % or better Qmin to 0,2Q max : ± 2 % or better
Temperature range:	Standard : -25C to + 60C On request : -40C to + 80C



شکل ۴۷.۳: دبی سنج های گازی توربینی سری iMTM-CT شرکت i-Meter

جدول ۱۹.۳: مشخصات سایزهای مختلف سری iMTM-CT شرکت i-Meter

Pipe Size		G-rating	Measurement Range (m ³ /h) Qmin-Qmax	Height Frequency (Hz)	Overall Length (mm)	Pressure Rating	Body Material
mm	inch						
50	2"	G40 G65 G100	13-65 10-100 16-160	200-400	150	ANSI 150 DIN PN 10/16	Aluminium GGG40 Carbon Steel
80	3"	G100 G160 G250 G400	16-160 25-250 20-400 32-650	200-300	240	ANSI 150 DIN PN 10/16	Aluminium GGG40 Carbon Steel
100	4"	G160 G250 G400 G650	25-250 20-400 32-650 50-1000	200-300	300	ANSI 150 DIN PN 10/16	Aluminium GGG40 Carbon Steel
150	6"	G400 G650 G1000 G1600	32-650 50-100 80-1600 130-2500	100-200	450	ANSI 150 DIN PN 10/16	Aluminium GGG40 Carbon Steel
200	8"	G650 G1000 G1600 G2500	50-1000 80-1600 130-2500 200-4000	75-150	600	ANSI 150 DIN PN 10/16	Aluminium GGG40 Carbon Steel

۱۷.۱.۳ شرکت توس و متک

این شرکت با بهره گیری از کادری متخصص و تجهیزات نرم افزاری و سخت افزاری مورد نیاز، در زمینه تولید کنتورهای توربینی گاز و دیگر محصولات مرتبط با خدمات اندازه گیری از جمله تصحیح کننده های الکترونیکی حجم/جریان گاز، با مشارکت شرکت Vemm tec آلمان (که خود دارنده

تکنولوژی تولید کنتورهای گاز Daniel آمریکا می باشد) به عنوان سهام دار خارجی در قالب شرکت Joint Venture فعالیت می نماید.

دبی سنج های توربینی گاز IGTM (International Gas Turbine Meter) شرکت توس و متک دارای دو مدل CT و IM می باشد. دبی سنج های IGTM-CT برای دقت های بالا و نوع IGTM-IM دارای قیمتی اقتصادی تر و دقتی قابل قبول هستند. محدوده دقت دو مدل در جدول ۲۰.۳ آمده است.

جدول ۲۰.۳: محدوده دقت دبی سنج های شرکت توس و متک

Model	Accuracy%
IGTM-CT	± 1% for $0.2 Q_{max} - Q_{max}$ ± 2% for $Q_{min} - 0.2 Q_{max}$
IGTM-IM	± 0.5% for $0.2 Q_{max} - Q_{max}$ ± 1% for $Q_{min} - 0.2 Q_{max}$

محصولات این شرکت شامل دبی سنج های توربینی در اندازه های ۲"، ۳"، ۴"، ۶" و کلاسهای ۱۵۰# الی ۶۰۰# و محدوده اندازه گیری G40 الی G6500 می باشد که مربوط به محدوده جریان حجمی $10000(m^3/hr)$ تا $8(m^3/hr)$ بوده قابل تحویل می باشند. این فلومترها از جنس فولاد کربنی یا فولاد ضد زنگ با فلنج های ANSI و DIN در محدوده ANSI 150-600RF و PN10-PN100 ساخته می شود.

محدوده استاندارد دبی سنج های IGTM (Ranreability) برای سایزهای بالاتر از DN80 (3") بهتر از 20:1 (Q_{max}/Q_{min}) می باشد که این عدد کارایی استاندارد در شرایط هوای محیط است. در سایزهای کوچکتر از 3" در طراحی های خاص یا با گازهای با جرم حجمی کوچکتر از 0.6 محدوده اندازه گیری کاهش می یابد. به طوری که دبی سنج های با محدوده تغییر 30:1 یا بالاتر، طبق سفارش قابل ساخت می باشد. تحت شرایط عادی دبی سنج های IGTM جهت کار در محدوده دمایی $10^{\circ}C$ تا $60^{\circ}C$ طراحی شده اند.

۱۸.۱.۳ شرکت BELL

شرکت BELL یک شرکت انگلیسی است که در زمینه سیستم های اندازه گیری گاز فعالیت می کند. مدل های مختلف این شرکت از مواد مختلفی از جمله: PVC, PVDF, Nylon, Stainless Steel, Aluminum and bronze ساخته شده اند. به همین دلیل علاوه برای کاربردهای استاندارد به منظور مواد خورنده در محیط های ایمن و پر خطر مناسب هستند. دبی سنج های توربینی این شرکت به سه دسته تقسیم می شوند. حال به معرفی انواع مدل های این شرکت می پردازیم.

- GFT-Turbine-Gas-Meter-models
- TXB-Digital-Turbine-Gas-Meter-models
- Quantometer-Gas-Flow-Turbine-Meter-models

این مدل ها شامل محصول مختلف می باشند. که در جدول ۲۱.۳ داده شده است.

جدول ۲۱.۳: محصولات مختلف Turbine-Gas-Meter شرکت Bell

مدل ها	تعداد محصولات
• GFT-Turbine-Gas-Meter-models	19 Products
• Screw Connection Gas Flow Turbines	7 Products
• Flange Connection Gas Flow Turbines	7 Products
• Wafer Connection Gas Flow Turbine	5 Products
• TXB-Digital-Turbine-Gas-Meter-models	7 Products
• Quantometer-Gas-Flow-Turbine-Meter-models	14 Products
• CPT Gas Quantometers	14 Products

۱. دبی سنج های گازی توربینی سری GFT

مشخصات اصلی دبی سنج های GFT Gas Turbine در ذیل آمده است.

- جنس آن از St/Steel است.
- صحت (در محدوده خطی): $\pm 2.0\%$ (ضمناً بهتر از $\pm 0.5\%$ وقتی از "F112-P" Rate/Totaliser استفاده شود)
- تکرارپذیری (Repeatability): $\pm 0.2\%$
- محدوده دمایی: -30°C to $+120^{\circ}\text{C}$ (350°C Option)

سایر مشخصات محصولات مختلف از سری مدل های GFT-Turbine-Gas-Meter در جدول ۲۲.۳ آمده است. شکل مدل های $\frac{1}{2}$ " BSP, $\frac{3}{4}$ " BSP برای نمونه در شکل ۴۸.۳ داده شده

است. همچنین شکل مدل های 2" BSP, 1½" BSP, 1" BSP برای نمونه در شکل ۴۹.۳ داده شده است.

جدول ۲۲.۳: محصولات مختلف GFT-Turbine-Gas-Meter شرکت Bell

مشخصات	محصولات
	Screw Connection Gas Flow Turbines
St/Steel Construction, Screwed Connections 0.3 - 4.2 m ³ /Hr	½" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 0.5 - 7 m ³ /Hr	½" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 1 - 14 m ³ /Hr	¾" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 2.5 - 35 m ³ /Hr	¾" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 5 - 70 m ³ /Hr	1" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 10 - 140 m ³ /Hr	1½" BSP Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Screwed Connections 18 - 252 m ³ /Hr	2" BSP Gas Flow Turbine
	Flange Connection Gas Flow Turbines
St/Steel Construction, Flanged Connections 2.5 - 35 m ³ /Hr	¾" Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 5 - 70 m ³ /Hr	1" Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 10 - 140 m ³ /Hr	1½" PN16 Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 18 - 252 m ³ /Hr	2" Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 35 - 490 m ³ /Hr	3" Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 70 - 980 m ³ /Hr	4" Flanged Gas Flow Turbine
St/Steel Construction, Flanged Connections 140 - 1960 m ³ /Hr	6" Flanged Gas Flow Turbine
	Wafer Connection Gas Flow Turbine
(43 mm R.F. Diameter) St/Steel Construction, Wafer Fitting 2.5 - 35 m ³ /Hr	¾" Wafer Style Gas Flow Turbine
(52 mm R.F. Diameter) St/Steel Construction, Wafer Fitting 5 - 70 m ³ /Hr	1" Wafer Style Gas Flow Turbine
(73 mm R.F. Diameter) St/Steel Construction, Wafer Fitting 10 - 140 m ³ /Hr	1½" Wafer Style Gas Flow Turbine
(92 mm R.F. Diameter) St/Steel Construction, Wafer Fitting 18 - 252 m ³ /Hr	2" Wafer Style Gas Flow Turbine
(127 mm R.F. Diameter) St/Steel Construction, Wafer Fitting 35 - 490 m ³ /Hr	3" Wafer Style Gas Flow Turbine



شکل ۴۸.۳: مدل های مختلف دبی سنج های ۱/۲" BSP- ۳/۴" BSP شرکت Bell



شکل ۴۹.۳: مدل های مختلف دبی سنج های ۱" BSP, ۱ ۱/۲" BSP, ۲" BSP شرکت Bell

۲. دبی سنج های گازی توربینی سری TXB

مشخصات عمده دبی سنج های TXB Gas Turbine در ذیل آمده است.

- نمایشگر دیجیتالی LCD دار (Rate/Total/Re-set Total)
- امکان خروجی پالسی (Open Collector) (امکان کنترل صفحه نمایشگر امکان پذیر است)
- افت فشار پایبتر نسبت به مدل های رقیب به کمک IGE/UP/2، کمتر از 45Pa در 50m³/h
- دقت بالا (1% حجمی در حالت full scale)

- قابل نصب در هر موقیتی هستند
- دارای باطری لثیمی با ۷ سال کارکرد مداوم
- همراه با کارایی تصحیح دما/فشار (اختیاری)
- متراکم و وزن سبک
- قابل راه اندازی با جریانات کمتر از 0.5m³/h تا 300m³/h
- مناسب برای گاز طبیعی، LPG، هوا و غیره

سایر مشخصات محصولات مختلف دبی سنج های از نوع مدل های TXB-Digital-Turbine-Gas-Meter در جدول ۲۳.۳ آمده است.

جدول ۲۳.۳: محصولات مختلف TXB-Digital-Turbine-Gas-Meter شرکت Bell

مشخصات	محصولات
Qmin 1.5 Qmax 30 m ³ /h Record flow rates less than 0.05m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 3/4" Screwed Digital Gas Flow Turbine
Qmin 1.5 Qmax 30 m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 1" Screwed Digital Gas Flow Turbine
Qmin 1.5 Qmax 30 m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 1 1/4" Screwed Digital Gas Flow Turbine
Qmin 1.5 Qmax 30 m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 1 1/2" Screwed Digital Gas Flow Turbine
Qmin 10 Qmax 100 m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 2" Screwed Digital Gas Flow Turbine
Qmin 12.5 Qmax 150 m ³ /h Aluminium Alloy Construction	• 2" Flanged Digital Gas Flow Turbine
Qmin 30 Qmax 300 m ³ /h St/St Construction	• 3" Flanged Digital Gas Flow Turbine

شکل مدل های 3/4" Screwed, 1" Screwed, 1 1/4" Screwed, 1 1/2" Screwed, 2" Screwed, 2" Flanged برای نمونه در شکل ۵۰.۳ داده شده است. همچنین شکل مدل های ۳" Flanged برای نمونه در شکل ۵۱.۳ داده شده است.



شکل ۵۰.۳: مدل های مختلف دبی سنج های 3/4" Screwed , 1" Screwed , 1 1/4" Screwed, 1 1/2" Screwed, 2" Screwed, 2" Flanged شرکت Bell



شکل ۵۱.۳: مدل های مختلف دبی سنج های ۳ Flanged شرکت Bell

۳. دبی سنج های گازی توربینی سری CPT Quantometro

دبی سنج های گازی توربینی CPT Quantometro بر اساس میزان چرخش پره خود که متناسب با میزان نرخ جریان گاز می باشد، کار می کنند. مشخصات اصلی این دبی سنج ها در ذیل آمده است. شکل مدل های از این نمونه در شکل ۵۲.۳ داده شده است.

- دارای پره های آلومینیومی هستند که این مسئله باعث ایجاد تیغه های باریکتر و دارای دقت بالاتر در مقایسه با پره های پلاستیکی بیشتر مدل های رقیب می شود.
- دارای کارایی بهتر و افت فشار پایین تری در مقایسه با سایر دبی سنج های رقیب، به کمک IGE/UP/2، هستند.

جدول ۲۴.۳: مدل های مختلف Quantometer-Gas-Flow-Turbine-Meter

مشخصات	محصولات
SKU: CPT50G40 Qmin 6 Qmax 65 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 50mm
SKU: CPT50G65 Qmin 10 Qmax 100 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 50mm
SKU: CPT80G100 Qmin 8 Qmax 160 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 80mm
SKU: CPT80G250 Qmin 20 Qmax 400 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 80mm
SKU: CPT80G160 Qmin 13 Qmax 250 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 80mm
SKU: CPT100G160 Qmin 13 Qmax 250 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 100mm
SKU: CPT100G250 Qmin 20 Qmax 400 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 100mm
SKU: CPT100G400 Qmin 32 Qmax 650 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 100mm
SKU: CPT150G400 Qmin 32 Qmax 650 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 150mm
SKU: CPT150G650 Qmin 50 Qmax 1000 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 150mm
SKU: CPT150G1000 Qmin 80 Qmax 1600 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 150mm
SKU: CPT 200G1000 Qmin 80 Qmax 1600 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 200mm
SKU: CPT 200G1600 Qmin 130 Qmax 2500 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 200mm
SKU: CPT 200G2500 Qmin 200 Qmax 4000 m3/h	Quantometro Mechanical Gas Meter 200mm



شکل ۵۲.۳: مدل‌های مختلف دبی‌سنج‌های گازی توربینی CPT Quantometro شرکت Bell

۱۹.۱.۳ شرکت Flow Technology

شرکت Flow Technology یک شرکت آمریکایی است که محصولات این شرکت در رده‌های گوناگون دبی‌سنج‌ها ارائه شده است. مشخصات این شرکت در ذیل آمده است. اصلی‌ترین مزایای دبی‌سنج‌های این شرکت شامل موارد زیر می‌شود:

- دقت بالا
- زمان پاسخ سریع
- خیلی متراکم و جمع و جور
- ایده‌آل برای ویسکوزیته‌های پایین‌تر از 500 cSt
- قابل استفاده برای مایعات و گازها
- امکان طراحی دبی‌سنج‌ها طبق درخواست مشتری

۱. دبی‌سنج توربینی گازی مدل FT Series

این دبی‌سنج‌ها در صنایع گوناگون خودرو، هوا فضا، سیستم‌های کنترل زیردریا و همچنین در صنایع گاز استفاده می‌باشند. مهمترین مشخصات این سری در ذیل آورده شده است. شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۵۳.۳ نشان داده شده است.

- Designed for a wide range of liquid and gas applications
- Accuracy: 0.25%
- Repeatability: 0.05% (liquid) and $\pm 0.1\%$ (gas) of reading.
- Excellent speed of response
- Linearity: $\pm 0.1\%$ (100:1) with linearizing electronics

- Liquid Flow Rates: 0.03 to 1,500 GPM (0.11 to 5,677 LPM)
- Gas Flow Rates: 0.09 to 1,500 ACFM (2.55 to 42,480 ALPM)
- Materials of Construction: 316 SS housing and 430F SS rotor
- End Fittings: NPT, AN (MS), Hose Barb, ANSI Flanges, SAE, Tri-Clamp
- Max Pressures: 2000 Bar (30,000 psi), dependant on size and fitting
- Custom Engineered Solutions Available on Request



شکل ۵۳.۳: دبی سنج های گازی توربینی FT Series شرکت Flow Technology

۲. دبی سنج توربینی گازی مدل FTO Series

این سری دبی سنج ها برای اندازه گیری نرخ های جریان خیلی پایین مایع یا گاز استفاده میشوند. این وسایل اندازه گیری دقت بالا و حساس به جریانات پایین توانایی اندازه گیری جریانات کم در حد 0.001 GPM در مایعات و 0.0015 ACFM در گازها را دارند. مهمترین مشخصات این سری در ذیل آورده شده است. شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۵۴.۳ نشان داده شده است.

- Low flow instrument grade flow meter for both liquid and gas
- Accuracy: 0.25%
- Repeatability: 0.1% of reading
- Linearity: 0.1% (100:1) with linearizing electronics
- Liquid Flow Rates: 0.001 to 2.0 GPM (3.78 to 7,570 mLPM)
- Gas Flow Rates: 0.0015 to 0.3 ACFM (2.55 to 510 ALPH)
- Materials of Construction: 316 SS housing and 17-4PH SS rotor
- End Fittings: Female NPT, AN (MS), and ANSI Flanges
- Bearings: Pivot (sapphire jewel), ball, and journal
- Compact Size: 3 inch face-to-face with NPT and MS connections
- Custom Engineered Solutions Available on Request



شکل ۵۴.۳: دبی سنج های گازی توربینی FTO Series شرکت Flow Technology

۲۰.۱.۳ شرکت Tancy Investment Group

Tancy Investment Group Co., Ltd، یک شرکت چینی است که دارای تنوع محصولات مطلوبی است. مشخصات این شرکت و دبی سنج های توربینی گازی این شرکت در ذیل آمده است.

Company Name:	Tancy Investment Group Co., Ltd.
Street Address:	Road1.Industry Zone.Lingxi Town.Cangnan
City:	Wenzhou
Province/State:	Zhejiang
Country/Region:	China

۱. دبی سنج های توربینی گازی TBQC Series CPU

این مدل دارای کارایی پایدار و قابل اعتمادی می باشد. از جمله خصوصیات بخش کنترل شیر این سری شامل: طراحی با افت فشار صفر با بکارگیری شیر توپی و قطر اسمی شیر معادل با قطر لوله، شیر باز و بسته با اطمینان بالا و بسته شدن فوری شیر هنگامیکه ضعیف شدن باطری می باشد. سایر مشخصات این مدل از سایت این شرکت قابل دیدن می باشد. شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۵۵.۳ نشان داده شده است.



شکل ۵۵.۳: دبی سنج های گازی توربینی TBQC Series CPU شرکت Tancy Investment Group

۲. دبی سنج های توربینی گازی TBQ

مشخصات این سری در ذیل آورده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۵۶.۳ نشان داده شده است.

- محدوده جریان: $2.5 \sim 6500 \text{ m}^3/\text{h}$ با قطر اسمی: DN25 ~ DN300mm
- محدوده فشار: 0 ~ 1.6 MPa (در سایر فشار می توان درخواست داده شود)
- دمای سیال: $-20\text{C} \sim +60\text{C}$
- دمای محیط: $-30\text{C} \sim +50\text{C}$
- میزان Explosion-proof: EXDIIBT4 EXIAIICT4 (TBQZ)
- درجه حفاظت: IP65
- محدوده کاربرد: این دبی سنج در اندازه گیری گاز طبیعی شهری، گاز طبیعی شبکه خطوط توزیع و انتقال، گاز سوختی صنایع نفتی، شیمیایی و برق و ایستگاه تنظیم گاز سوختی



شکل ۵۶.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TBQ شرکت Tancy Investment Group

۳. دبی‌سنج‌های توربینی گازی TBQJ

مشخصات این سری شامل موارد زیر می‌شود و شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۵۷.۳ نشان داده شده است.

- طراحی استاندارد سازه عبور جریان، جلوگیری از جریان گاز بین شفت‌ها و بهبود بسیار زیاد در سازگاری medium دبی‌سنج‌های توربینی
- طراحی منحصر به فرد سازه‌ای ضد ضربه و آب‌بندی شده جهت اطمینان از عملکرد قابل اطمینان و مدت زیاد محورها بدون روغن کاری
- بکارگیری تکنیک آزمایشی غیر مغناطیسی در عوض بخش‌های حساس مغناطیسی برای جلوگیری از وجود نیروی مغناطیسی و بهبود تست حساسیت و کاهش بیشتر سرعت شروع
- طراحی ساختمانی مستقل، قابلیت تعویض خوب و مناسب و راحت برای نگهداری و تعمیر
- مجهز به یکسوکنده با کارایی خوب و نیاز کم برای خطوط مستقیم جلو و عقب. (Forward >> 2DN, Backward >> 1DN)



شکل ۵۷.۳: دبی سنج های گازی توربینی TBQJ Series شرکت Tancy Investment Group

۴. دبی سنج های توربینی گازی TBQZ

مشخصات کامل این مدل به شرح زیر می باشد و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۵۸.۳ نشان داده شده است.

- این مدل می تواند دما و فشار medium اندازه گیری کند و بطور اتوماتیک ضرایب فشرده سازی (z factors) را تصحیح کند و دما و فشار را هم مستقیماً با اندازه گیری جریان حجمی استاندارد و حجم کل عوض می کند.
- استفاده از یک سنسور نوع جدید، جریان ابتدایی پایین، افت فشار کم، دقت بالا، عملکرد مطمئن، طول عمر کارکرد بالا
- با استفاده از تکنولوژی بسیار پیشرفته micro-processing، دبی سنج جامع تر، دقیق تر و قابل اطمینان تر است.
- با استفاده از تکنولوژی پیشرفته micro-dissipation، کم مصرف و دارای قابلیت کار با انرژی داخلی و خارجی را دارد. (به کمک دسته ای از باطری های لیتیومی داخلی که می توانند بیش از ۵ سال عمر کنند)
- مطابق با سیگنال فرکانس جریان، ضریب اندازه گیری می تواند در ۸ مرحله مدرج شود.
- مقاوم در برابر فرسایش
- دارای نمایشگر LCD خیلی واضح و راحت برای خواندن
- می تواند مستقیماً به کامپیوتر وصل شود. بدین ترتیب هر کامپیوتر توسط رابط RS485

- می‌تواند تنها با ۲ سیم ارتباطی به ۳۲ دبی سنج وصل گردد. بنابراین برای مدیریت آسان و برای نصب ارزان می‌باشد.
- سر این دبی سنج می‌تواند ۱۸۰ درجه بچرخد بدین ترتیب کارکردن با این وسیله و نصب آن آسان است.



شکل ۵۸.۳: دبی سنج های گازی توربینی TBQZ Series شرکت Tancy Investment Group

۲۱.۱.۳ شرکت MUELLER

این شرکت یک شرکت آمریکائی است که محصولات این شرکت در رده‌های گوناگون دبی‌سنج‌ها و کنترل‌ها ارائه شده است. این شرکت دارای سری‌های گوناگونی از دبی‌سنج‌های مورد نیاز صنایع مختلف می‌باشد. بطوری که هم اکنون این شرکت دارای یک مدل دبی‌سنج توربینی گازی است.

۱. سری GTS Series از شرکت مولر

این سری جدید از فلومترهای توربینی از سال‌ها تجربیات کاربردی به خوبی بهره برده است. این مسئله باعث بهبود کارایی و کاهش هزینه نگهداری و حق مالکیت این مدل شده است. این دبی‌سنج‌ها یک خروجی مکانیکی برای تنوع زیاد از وسایل کمکی مثل تصحیح‌کننده‌های حجم اصلی و ... ارائه داده است. این دبی‌سنج‌ها در مدل‌های فشارپایین، متوسط و بالا در سایزهای ۳ اینچ تا ۱۲ اینچ موجود است. مهمترین مشخصات این سری در ذیل آورده شده است و شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۵۹.۳ نشان داده شده است.

- مدل‌های با میزان ظرفیت‌های وسیع با کاهش قطر رانش دبی‌سنج می‌تواند باعث ذخیره اساسی در لوله‌کشی، پیوندهای لوله و شیرهای بلوکی و غیره می‌شود.
- مدل‌های بانیر و محرکه مکانیکی برای استفاده با تصحیح کننده های P&T یا مدل‌های با خروجی پالسی الکترونیکی برای اتصال مستقیم به کامپیوترهای رایج است.
- تصحیح دمایی الکترونیک با فاکتور فشاری ثابت و شش ماه ذخیره اطلاعات
- سیستم روغن کاری Flush-Type برای شستشوی یاتاقان‌های اصلی در حالی که دبی‌سنج در حال کار است.
- موتورهای آلومینیومی برای مدل‌های فشار بالا و برای دبی‌سنج‌های با خروجی‌های پالسی فرکانس بالا
- یک سیستم چرخ‌دنده‌ای به نام Gear Train برای همه انواع سایزها که قطعات یدکی موجود را کاهش می‌دهد.
- منحنی صحت سه نقطه‌ای (Three-Point) که به شکل استاندارد آماده شده
- منحنی صحت سه نقطه‌ای به شکل اختیاری
- منحنی‌های صحت فشار پایین و بالا موجود است.



شکل ۵۹.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی GTS Series شرکت MUELLER

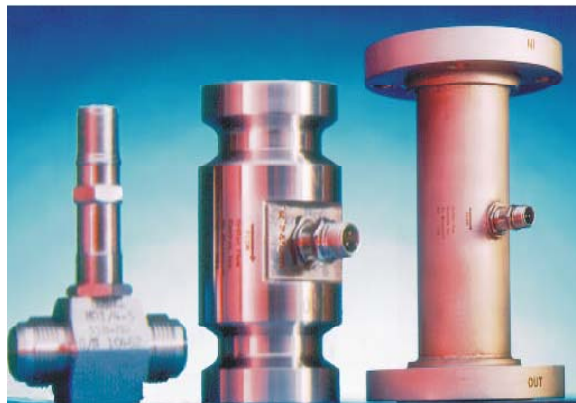
۲۲.۱.۳ شرکت HOFFER

انواع دبی سنج های این شرکت در ذیل معرفی می گردد.

۱. دبی سنج توربینی سری HO شرکت هوفر

مشخصات اصلی این مدل در ذیل داده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۶۰.۳ نشان داده شده است.

- هزینه پایین
- صحت اندازه گیری خوب (Repeatability: +/-0.25% , Linearity: ±1%)
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع 0.15 تا 12000 ACFM
- تنوع زیاد اتصالات فرایندی موجود است.
- کارکردن در محدوده وسیعی از دما و فشار (-400°F to +350°F)
- استفاده از یاتاقان های گلوله ای سرامیکی مرکب که باعث عمر بالاتر آن می شود.
- ماده سازنده آن به شکل استاندارد 316 stainless steel است.
- سایز دبی سنج ۱/۴ تا ۱۲ اینچ



شکل ۶۰.۳: دبی سنج های گازی توربینی HO Series شرکت HOFFER

۲. دبی سنج توربینی سری MF شرکت هوفر

وسایل جدیدی با ظرفیت اندازه گیری جریان کم، هستند. که برای مصارف صنعتی و آزمایشگاهی و اندازه گیری دقیق جریان نرخ پایین کاربرد بسیاری دارند. این سری از دبی سنج های شرکت HOFFER برای جریان های تمیز، مایعات با ویسکوزیته پایین و متوسط و اندازه گیری گاز استفاده می شوند. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۶۱.۳ نشان داده شده است.

- نوع اتصالات نهایی: MS-33656-8 1/2" (در سایر سایزها درخواست لازم است)
- محدوده فشار عملیاتی: 1000 PSI (استاندارد)، 6000 PSI (اختیاری)
- محدوده دمای عملیاتی: High Temp. Pickup: -450 to و Mag. Pickup: -450 to +450° F +850° F
- مواد ساخت:
 - بدنه (316 Stainless Steel)
 - یاتاقان: (خودروغن کاری) Ceramic Hybrid Ball Bearings، (اختیاری)
 - Sleeve Tungsten Carbide، (اختیاری) Carbon Composite Sleeve
 - موتور: (استاندارد) 17.4 PH، (اختیاری) 430 Stainless Steel، (اختیاری) Ni 200
 - درپوش: (استاندارد) Rulon-J
- صحت اندازه گیری (Repeatability: +/-0.25% , Linearity: ±2%)
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع 0.005 تا 1 ACFM
- سایز دبی سنج 1/2 اینچ

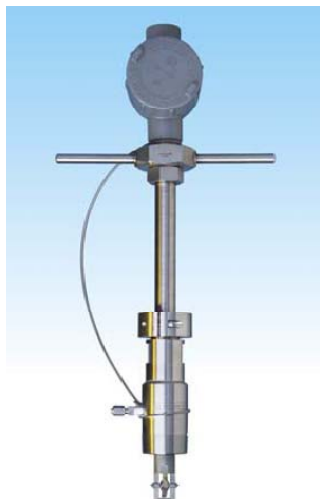


شکل ۶۱.۳: دبی سنج های گازی توربینی MF Series شرکت HOFFER

۳. دبی سنج توربینی سری HP شرکت هوفر

این سری دبی سنج ها برای اندازه گیری جریان های گاز و مایع در خطوط لوله قطر متوسط تا زیاد با دقت های ذاتی با قیمت های بسیار پایین تر از دبی سنج های in-line می باشند. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۶۲.۳ نشان داده شده است.

- هزینه پایین
- افت فشار پایین
- محدوده جریان وسیع برای گازها (5 تا ۲۵۰ FPS)
- صحت بسیار خوب (Linearity: 2% , Repeatability: +/-0.25%)
- برای خطوط لوله با قطر ۴ تا ۷ اینچ (در سایزهای بایستی درخواست داده شود)
- انعطاف پذیری اتصال فرآیندی
- ممکن است بدون متوقف کردن خدمات نصب یا از فعالیت حذف شود.
- محدوده دمای عملکرد استاندارد -۲۰ تا ۴۰۰ °F +
- ماکزیمم فشار عملیاتی: مدل قابل تنظیم فشار پایین 150 PSI و مدل ثابت ۲۵۰۰ PSI و مدل قابل تنظیم فشار بالا 2500 PSI (وابسته به اتصال فرآیندی و دما)
- سایز دبی سنج ۴ تا ۷۲ اینچ



شکل ۶۲.۳: دبی سنج های گازی توربینی HP Series شرکت HOFFER

۴. دبی سنج توربینی سری WING NUT شرکت هوفر

این سری دبی سنج ها برای اندازه گیری جریان های گاز و مایع می باشند. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۶۳.۳ نشان داده شده است.

- دقت خطی 1% روی محدوده جریان ۱۰:۱ (بطور نمونه)
- تکرار پذیری 0.25%
- محدوده دمایی -450 to +350F در حالت استاندارد
- متریال ساخت : بدنه (4130 high chrome alloy steel) و داخل (Stainless steel)
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع ۲.۵ تا ۶۰۰ ACFM
- سایز دبی سنج ۱ تا ۳ اینچ



شکل ۶۳.۳: دبی سنج های گازی توربینی WING NUT Series شرکت HOFFER

۵. دبی سنج توربینی سری WAFER شرکت هوفر

این سری دبی سنجها برای اندازه گیری جریانات گاز و مایع می باشند. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنجها در شکل ۶۴.۳ نشان داده شده است.

- صحت اندازه گیری (Repeatability: +/-0.25% , Linearity: 1%)
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع 0.15 تا 12000 ACFM
- سایز دبی سنج 1/4 تا ۱۲ اینچ



شکل ۶۴.۳: دبی سنجهای گازی توربینی WAFER Series شرکت HOFFER

۶. دبی سنج توربینی سری PREMIER شرکت هوفر

این سری دبی سنجها برای اندازه گیری جریانات گاز و مایع می باشند. بطوریکه برای همه انواع گازهای غیر خورنده همچون استیلن، دی اکسیدکربن، هیدروژن، هوا و گاز طبیعی مناسب می باشد. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنجها در شکل ۶۵.۳ نشان داده شده است.

- صحت اندازه گیری (Repeatability: +/-0.1% , Linearity: 0.5%)
- محدوده دمای عملکرد -450 to +350F
- محدوده فشار عملکرد ANSI flanges 150 through 2500
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع 0.15 تا 12000 ACFM
- سایز دبی سنج 1/4 تا ۱۲ اینچ

• مواد ساخت :

- بدنه (316 Stainless Steel)
- یاتاقان: (خودروغن کاری) Ceramic Hybrid Ball Bearings
- موتور: (استاندارد) 17.4 PH stainless steel
- اتصالات: Carbon steel (استاندارد) و 316 stainless steel (اختیاری)



شکل ۶۵.۳: دبی سنج های گازی توربینی PREMIER Series شرکت HOFFER

۷. دبی سنج توربینی سری AUTOCLAVE شرکت هوفر

این سری دبی سنج ها برای اندازه گیری جریان های گاز و مایع می باشند. سایر مشخصات این سری در زیر آورده شده است و شکل این سری دبی سنج ها در شکل ۶۶.۳ نشان داده شده است.

- صحت اندازه گیری (Linearity: 1% , Repeatability: +/-0.25%)
- فراهم کردن نرخ جریان وسیع 0.15 تا 43 ACFM
- سایز دبی سنج ۱/۴ تا ۱ اینچ



شکل ۶۶.۳: دبی سنج های گازی توربینی AUTOCLAVE Series شرکت HOFFER

۲۳.۱.۳ شرکت Equimeter

این شرکت آمریکایی فروشنده عمده تجهیزات اندازه‌گیری گازی و تجهیزات تنظیم‌کننده فشار از سال ۱۸۸۶ می‌باشد. در حال حاضر میلیون‌ها اندازه‌گیرگازی در همه انواع کاربردها از تولیدات سکوه‌های دریایی فشار بالا تا آپارتمان‌های چند واحد در سرویس هستند. انواع دبی‌سنج‌های این شرکت در ذیل معرفی می‌گردد.

۱. دبی‌سنج توربینی سری 4" – 12" Mark II Turbo-Meters

مشخصات اصلی این مدل در ذیل آورده شده است و شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۶۷.۳ نشان داده شده است.

- زاویه تیغه روتور ۳۰ و ۴۰ درجه موجود است بدین ترتیب دو منحنی فازی کارایی مجزا برای هر سایز اندازه‌گیر ایجاد می‌کند.
- یک یا دو خروجی پالسی بوسیله سنسورهای نوک تیغه باعث قدرت تفکیک بالا و سیگنال‌های اضافی در عملکرد قابل اطمینان این دبی‌سنج‌ها دارد.
- عامل اندازه‌گیری این دبی‌سنج‌ها یک واحد مدرج و قابل تعویض است در نتیجه امکان تعمیر، به روز کردن و مدرج کردن این واحدها بدون حذف دبی‌سنج از خط وجود دارد.



شکل ۶۷.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی 4" to 12" Mark II شرکت Equimeter

۲. دبی‌سنج توربینی سری Mark III 2" & 3" Turbo-Meters

جدیدترین عضو از خانواده Mark II، Mark II E and 3” Mark III، به طور کلی دارای مشخصات ذیل می باشند و شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۶۸.۳ نشان داده شده است.

- ۴ نرخ فشاری (۲۴۰، ۲۷۵، ۷۲۰ و ۱۴۴۰ PSIG)
- طراحی End-entry با واحد اندازه‌گیری قابل تعویض
- خروجی پالسی بوسیله تکنولوژی سنسور لبه تیغه
- خروجی پالسی اضافی موجود است.
- روغن‌دان نصب شده روی دبی‌سنج و روغن‌دان اتوماتیک موجود است.
- بالاترین فشار مدرج شده تا ۹۰۰ PSI موجود است
- روتورهای آلومینیومی



شکل ۶۸.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی 2” & 3” Mark III & 2” شرکت Equimeter

۳. دبی‌سنج توربینی سری T-10 Turbo-Meters 2” & 3”

این نوع دبی‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در انتقال و تولید گاز کاربرد دارند. طراحی متراکم و قوی این اندازه‌گیرها همراه با بازخوان‌های دیجیتالی مستقیم آن‌ها حوزه داده‌های اندازه‌گیری دقیق و قابل اطمینانی فراهم می‌کند. زمینه کاربرد این دبی‌سنج‌ها برای ظرفیت‌های اسمی CFH ۱۰۰۰۰ در 4 ounces فشار ورودی است. شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۶۹.۳ نشان داده شده است.

زمینه‌های پیشنهاد شده شامل موارد زیر است:

- اندازه‌گیری مستقیم سر چاهی روی چاه‌های گازی
- ایستگاه‌های مجاور شهر
- دستگاه‌های اندازه‌گیری صنعتی
- انشعاب گازی از جداکننده‌های تولیدی
- جداکننده‌های آزمایشی
- اندازه‌گیرهای امتحانی
- اندازه‌گیرهای آزمایشی برای ساختن نسبت‌های گازی به نفتی
- اندازه‌گیری گاز سوخت کمپرسورها



شکل ۶۹.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی T-10 3" & 2" شرکت Equimeter

۴. دبی‌سنج توربینی سری TPL-9 Turbo-Meters 3" & 2"

مشخصات اصلی این مدل در ذیل آورده شده است و شکل این سری دبی‌سنج‌ها در شکل ۷۰.۳ نشان داده شده است.

- ظرفیت اسمی این دبی‌سنج در 2 kpa فشار ورودی، (216 MSCFD) 9000 SCFH یا در واحد متریک (6100 Nm³/day) 255 Nm³/h است. در فشارهای ورودی بالاتر ظرفیت‌های اندازه‌گیری به طور مستقیم با ضریب قانون فشار بویلی افزایش می‌یابد.

- بدنه‌ها و اتصالات این دبی‌سنج‌ها مطابق با مشخصات ANSI برای ۱۵۰،۳۰۰، ۶۰۰ PSI از استیل ساخته شده است.
- این مدل زمان از کارافتگی را مینیمم می‌کند و لیست قطعات یدکی را ساده‌تر می‌کند.
- سیستم روغن‌کاری خارجی یاتاقان‌ها فراهم است.
- نسبت ظرفیت اندازه‌گیری ماکزیمم به مینیمم جریان (Rangeability) در دقت $\pm 1\%$ در شرایط فشار ورودی ثابت و در فشار پایین ۱:۱۰ می‌باشد.



شکل ۷۰.۳: دبی‌سنج‌های گازی توربینی TPL-9 3" & 2" شرکت Equimeter

پس بطور کلی انواع دبی‌سنج‌های بکار رفته در شرکت گاز را می‌توان بصورت جدول ۲۵.۳ نمایش داد.

جدول ۲۵.۳ : کنتورهای متداول در صنایع گاز

Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	Oscillatory	Vortex Shedding
	Segmental Wedge Orifice Plate		Vortex Precession
	Venturi Tube	Ultrasonic	Transit Time
	Flow Nozzle	Other Type	Turbine
	Pitot Tube		Variable Area
Elbow	Target		
Mass	Coriolis Type	Other Type	Positive Displacement
	Thermal Dispersion		

۲.۳ پارامترهای شاخص دبی‌سنج‌ها

اندازه‌گیری دبی نسبت به اندازه‌گیری دیگر پارامترهای جریان بسیار مشکل است چون امکان اندازه‌گیری مستقیم آن مانند دما و فشار وجود ندارد. برای اندازه‌گیری آن باید از روش‌های غیر

مستقیم مانند اختلاف فشار در فاصله‌ای معین، سرعت چرخش یک جزء دورانی و غیره استفاده کرد. بر این اساس دستگاه‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دبی در بازه‌های مختلف ساخته شده است. در این بخش پارامترهای شاخصی که قابلیت‌های یک دبی‌سنج را بیان می‌کند مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱. دقت و صحت

این پارامتر نشان‌دهنده توانایی دستگاه در اندازه‌گیری دبی واقعی عبوری است. برای محاسبه این خاصیت می‌توان از فرمول (۱۳.۳) استفاده کرد.

$$Accuracy = \frac{Abs(ActualRate - MeasuredRate)}{ActualRate} \times 100\% \quad (13.3)$$

در فرمول (۱۳.۳)، $Accuracy$ دقت و صحت وسیله، $ActualRate$ دبی واقعی سیال، $MeasuredRate$ دبی اندازه‌گیری شده سیال و Abs بیانگر قدرمطلق عبارت مربوطه است.

دقت معمولاً به دو روش گزارش می‌شود:

• مقیاس کامل^۱

در این حالت دقت به صورت درصدی از بازه اندازه‌گیری وسیله بیان می‌شود. به عنوان مثال برای دبی‌سنج با بازه اندازه‌گیری 100 SCMMD (۱۰۰ میلیون متر مکعب استاندارد در روز) مقدار دقت ۱٪ به معنی این است که مقدار خوانده شده به اندازه +1 و یا -1 میلیون متر مکعب در روز با مقدار واقعی تفاوت دارد. مقدار خطا در این حالت برای تمامی اعداد خوانده شده یکی است. وسایل اندازه‌گیری اریفیس و روتامتر از این روش بیان دقت استفاده می‌کنند.

• مقیاس لحظه‌ای^۲

در این حالت دقت به صورت درصدی از مقدار دبی لحظه‌ای توسط وسیله بیان می‌شود. به عنوان مثال مقدار دقت ۱٪ برای عدد خوانده شده 10 SCMMD به این معنی است که دبی بین ۹/۹ الی ۱۰/۱ میلیون متر مکعب در روز است و برای 100 SCMMD به معنی این است که دبی بین ۹۹ الی ۱۰۰ میلیون متر مکعب در روز است. لذا بیان دقت به این صورت بسیار بهتر است چون میزان خطا با مقدار عدد خوانده شده متفاوت خواهد بود و تناسب با عدد

^۱ Full Scale

^۲ Reading Scale

خوانده شده است. وسایل اندازه‌گیری جابجایی مثبت و توربینی از این روش بیان دقت استفاده می‌کنند.

۲. نسبت بازه‌ی اندازه‌گیری^۱

این پارامتر عبارت است از نسبت حداکثر دبی قابل اندازه‌گیری توسط وسیله به حداقل دبی قابل اندازه‌گیری توسط وسیله برای محاسبه این خاصیت می‌توان از فرمول (۱۴.۳) استفاده کرد.

$$\text{Rangeability} = \frac{\text{حداکثر دبی قابل اندازه‌گیری}}{\text{حداقل دبی قابل اندازه‌گیری}} \quad (14.3)$$

دقت و صحت این پارامتر همواره به صورت 1: *Rangeability* گزارش می‌شود.

۳. تکرار پذیری^۲

این پارامتر نشان‌دهنده توانایی وسیله در اندازه‌گیری یکسان یک دبی معین در یک بازه زمانی است. این مقدار بوسیله حداکثر اختلاف بین اندازه‌گیری یک دبی معین در یک بازه زمانی و گاهی اوقات به صورت مقیاس کامل بیان می‌شود.

۴. خطی بودن^۳

این پارامتر نشان‌دهنده میزان انحراف منحنی کالیبراسیون وسیله نسبت به خط راست است. مقدار آن در یک بازه جریان و یا در یک جریان معین قابل اندازه‌گیری است. منحنی کالیبراسیون خطی برای یک وسیله بسیار مناسب است چون دستگاه دارای دقت اندازه‌گیری ثابتی در یک بازه اندازه‌گیری جریان خواهد بود.

^۱ Rangeability

^۲ Repeatability

^۳ Linearity

۱.۲.۳ انتخاب وسیله اندازه‌گیری

برای انتخاب وسیله اندازه‌گیری دبی باید به موارد زیر توجه کرد:

- دقت و قابل اعتماد بودن وسیله
- بازه اندازه‌گیری جریان وسیله
- بازه دما و فشار جریان
- نوع سیال که مایع یا گاز باشد چون هریک دارای محدودیت‌ها و گرانروی خاصی هستند.
- هزینه سرمایه‌گذاری و عملیات و نگهداری و تعمیر وسیله
- زمان عمر وسیله
- پارامترهای دیگر مانند در دسترس بودن وسیله و نیروی محرک آن و آسانی کار با وسیله و حساسیت و

برای انتخاب نوع کنتور از بین کنتورهای متداول در صنایع گاز پارامترهای بیشماری وجود دارد. در این پروژه این پارامترها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. پارامترهای اولیه که انتخاب اولیه کنتور بر اساس آن‌ها انجام می‌شود. این پارامترها عبارتند از:

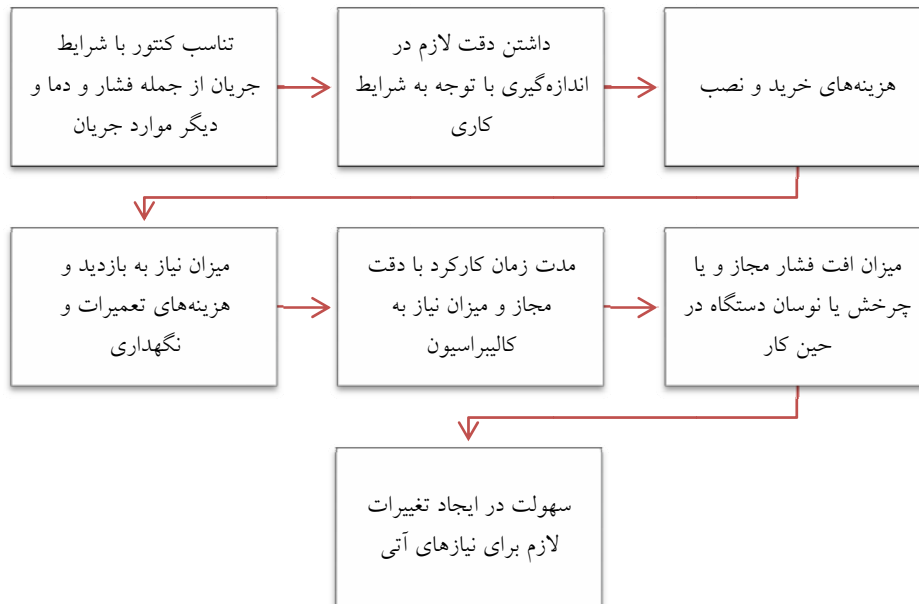
- Gas Type[Clean or Dirty] (نوع گاز {تمیز یا کثیف})
- Design Pressure (فشار طراحی شده برای کارکرد کنتور)
- Design Temperature (دمای طراحی شده برای کارکرد کنتور)
- Flow Range (بازه جریان که کنتور می‌تواند در آن کار کند)
- Accuracy (دقت کنتور که در فصل دوم ارائه شده است)
- Rangeability (نسبت بازه اندازه‌گیری کنتور که در فصل دوم ارائه شده است)
- Relative Cost (قیمت نسبی کنتور)

۲. پارامترهای ثانویه که با توجه به آنها صحت کنتور انتخاب شده تایید می‌شود. این پارامترها عبارتند از:

- Initial Cost (هزینه اولیه شامل خرید دستگاه و ...)
- Installation Cost (هزینه نصب دستگاه)
- Maintenance Cost (هزینه نگهداری و تعمیرات دستگاه)
- Operating Cost (هزینه عملیاتی برای عملکرد دستگاه مانند محرک آن)
- Pressure Loss (افت فشار دستگاه)
- Viscosity Effect (اثر گذاری گرانی سیال روی اندازه‌گیری دبی)
- Reynolds No. (عدد رینولدز برای دستگاه)
- Type Of Measurement (روش اندازه‌گیری دبی در دستگاه)
- Signal (نوع سیگنال خروجی از دستگاه که نماینده دبی اندازه‌گیری شده است)
- Sizes (اندازه‌های موجود دستگاه)
- End Connections (اتصالات خروجی دستگاه)
- Straight Piping Requirements (قطر لوله‌های مستقیم در ورودی و خروجی دستگاه
به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری)
- Sensitivity To Installation Effect (میزان تاثیر پذیری از نحوه نصب در اندازه‌گیری
جریان)
- Performance Stability (پایداری عملکرد دستگاه در اندازه‌گیری جریان)
- Advantages (فواید)
- Disadvantages (معایب)

۳.۳ تعیین کنتور مناسب

با توجه به بخش قبل می‌توان دریافت که طیف وسیعی از کنتورها قابل استفاده در صنایع گاز می‌باشند. روند انتخاب یک کنتور بر حسب اهمیت موضوعات به صورت شکل ۷۱.۳ پیشنهاد می‌شود.



شکل ۷۱.۳: ترتیب اهمیت موضوعات در انتخاب یک کنتور

به منظور انتخاب یک کنتور مناسب فاکتورهای زیادی باید لحاظ گردد. این فاکتورها شامل محدوده‌ی دبی کنتور، فشار و دمای کاری، افت فشار مجاز، دقت مطلوب، نصب و تعمیرات و میزان نیاز به کالیبراسیون و بسیاری دیگر از موارد مشابه می‌شود. جدول ۲۶.۳ مهم‌ترین فاکتورهایی که در تعیین یک کنتور باید در نظر گرفته شوند را نشان می‌دهد.

جدول ۲۶.۳: فاکتورهای مهم در انتخاب یک کنتور

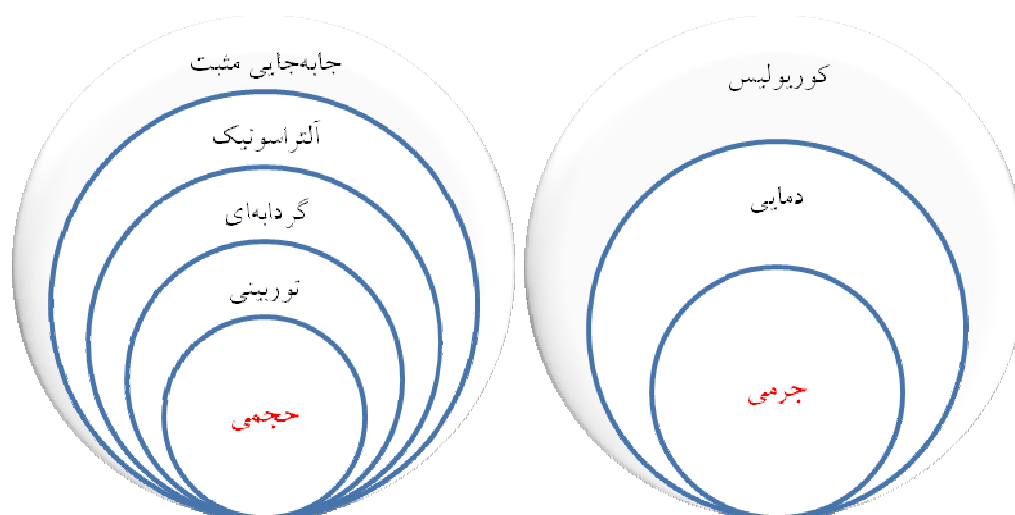
حداقل و حداکثر دبی سیال	استفاده برای اندازه‌گیری دبی یا مشخصات سیال	وجود جریان با مشخصه متغیر
حداقل و حداکثر فشار	ویسکوزیته سیال	وجود جریان نوسانی
حداقل و حداکثر دما	جنس خطوط لوله	افت فشار
فاز سیال	نحوه اتصال دبی سنج	نحوه مشاهده اطلاعات
فاکتورهای کالیبراسیون	میزان ارتعاشات مجاز	محدودیت‌های مکانی
نوع سیال- متان و..	دقت اندازه‌گیری لازم	هزینه
ماهیت سیال- خورنده و..	تکرارپذیری	استانداردهای ساخت
اندازه و شکل خط لوله	زمان اثر پذیری دبی سنج	شرایط محیطی
دانسیته سیال	هزینه	ایمنی کنتور

۱.۳.۳ تقسیم بندی کنتورها بر اساس فاکتورهای جریان

یکی از روش‌های متداول در تقسیم‌بندی کنتورها بر اساس پارامتر اندازه‌گیری شده از جریان سیال می‌باشد. در این بین یک گونه تقسیم‌بندی می‌تواند شامل بر موارد زیر باشد.

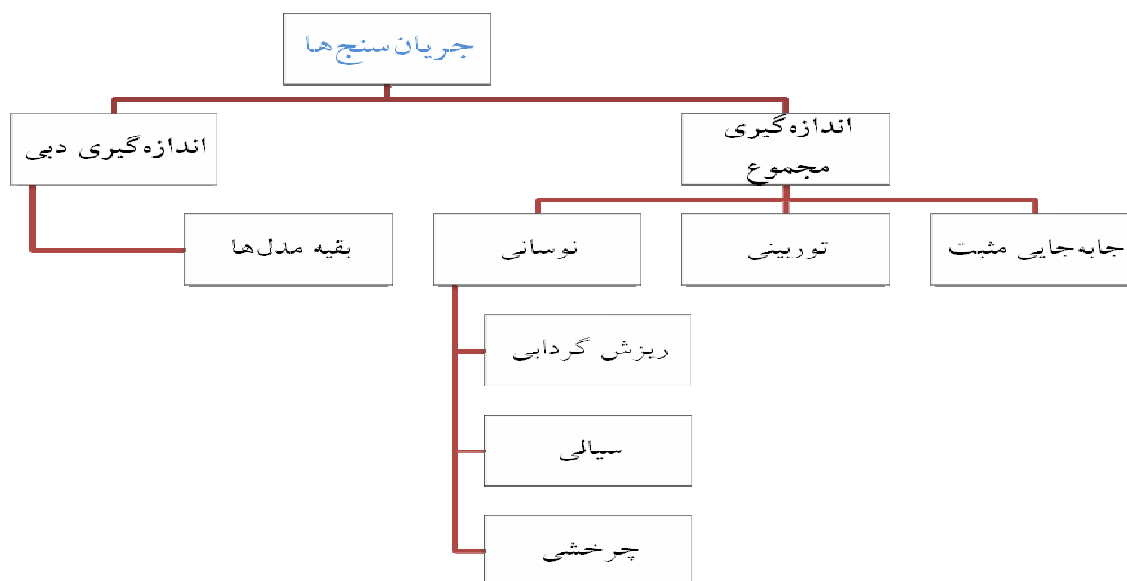
۱. نوع اندازه‌گیری، اندازه‌گیری جرم یا حجم
۲. نوع خروجی کنتور، دبی جریان یا مجموع جریان
۳. فاز سیالاتی که کنتور می‌تواند جریان آنها را اندازه‌گیری کند مشتمل بر مایع، گاز، بخار، سیالات دوغاب مانند

در شکل ۷۲.۳ دسته‌بندی کنتورها برای اندازه‌گیری حجم یا جرم نشان داده شده‌است. کنتورهای ارائه شده در این شکل مختص به گاز می‌باشند.



شکل ۷۲.۳: تقسیم بندی کنتورها بر اساس اندازه‌گیری جرم یا حجم گاز

در شکل ۷۳.۳ کنتورهایی که دبی لحظه‌ای و یا مجموع حجم گاز را نشان می‌دهند، ارائه شده است.



شکل ۷۳.۳: تقسیم بندی کنتورها بر اساس اندازه‌گیری دبی لحظه‌ای یا مجموع حجم گاز گونه‌ای دیگر از تقسیم‌بندی‌ها بر اساس فاز سیال و ماهیت سیال عبوری از جریان‌سنج‌ها می‌باشد. در

جدول ۲۷.۳ کنتورهای مناسب برای اندازه‌گیری جریان گاز ارائه شده است.

جدول ۲۷.۳: دسته‌بندی کنتورها بر اساس قابلیت استفاده برای اندازه‌گیری جریان گاز

		سیال به صورت گاز یا بخار
کنتورهای اختلاف فشاری	اوریفیسی	۱
	ونتوری	۱
	نازل	۱
	پیتوت	۱
	زانویی	۱
کنتورهای جرمی	کورپولیس	۲
	حرارتی	۱
کنتورهای نوسانی	ریزش گردابه‌ای ^۱	۱
	چرخشی ^۲	۱
	سیالی ^۳	۰
کنتورهای جابه‌جایی مثبت		۱
کنتورهای توربینی		۱
کنتورهای آلتراسونیک	پالسی	۲

Vortex Shedding¹
 Vortex Precession²
 Fluidic³

همان‌گونه که در

جدول ۲۷.۳ مشاهده می‌گردد، کنتور آلتراسونیک دوپلری را نمی‌توان برای اندازه‌گیری جریان گاز استفاده نمود. این امر به دلیل نیاز این کنتور به وجود ذرات معلق به اندازه ۱۰۰ میکرون با غلظت ۱۰۰ppm درون سیال می‌باشد.

در جدول ۲۸.۳ تا جدول ۳۴.۳ برخی معیارهای انتخاب کنتورهای اختلاف فشاری، جرمی، نوسانی، جابجایی مثبت، توربینی، سطح متغیر و آلتراسونیک بر اساس نوع سیال، دبی و فشار و دمای کارکرد ارائه شده است. شماتیک انتخاب کنتور بر اساس فشار و دبی کارکرد در شکل ۷۴.۳ نشان داده شده است.

جدول ۲۸.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای اختلاف فشاری

مدل	اوریفیسی	ونتوری
نوع سیال	مایع، گاز و بخار	مایع، گاز و بخار
محدوده جریان	بالاتر از $0.1 \text{ cm}^3/\text{min}$	بالاتر از 20 scfm
دقت	$\pm 0.6\%$ از ماکزیمم جریان	$\pm 1\%$ از ماکزیمم جریان
اندازه	بدون محدودیت	تا ۷۲"
مزایا	نصب آسان، کم هزینه، متنوع در نوع و جنس، سهولت در تغییر ظرفیت، عدم نیاز به منبع توان خارجی	ماندگاری بالا، مناسب برای دوغاب و سیالات کثیف
معایب	نامناسب برای سیالات کثیف و ویسکوز	اغلب مورد استفاده برای هوا و آب، ابعاد و وزن زیاد مخصوصاً در سایزهای بالا

جدول ۲۹.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای اختلاف فشاری (ادامه)

مدل	نازل	پیتوت	زانویی
نوع سیال	مایع، گاز و بخار	مایع و گاز	مایع و گاز
محدوده جریان	بالاتر از 20 scfm	متناسب با قطر لوله	متناسب با قطر لوله
دقت	$\pm 1\%$ از ماکزیمم جریان	$\pm 5\%$ از ماکزیمم جریان	$\pm 5\%$ تا $\pm 10\%$ از ماکزیمم جریان
اندازه	۳" تا ۴۸"	بدون محدودیت	بدون محدودیت
مزایا	اقتصادی، ماندگاری بالا	بسیار کم هزینه،	بسیار اقتصادی، نصب آسان، افت فشار پایین، نیاز به حداقل طول لوله بالادست
معایب	غیر قابل استفاده برای سیالات ویسکوز، نیاز به کالیبراسیون متوالی	دقت محدود	نامناسب برای جریان‌های کم سرعت، دقت پایین نسبت به دیگر مدل‌ها،

جدول ۳۰.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای جرمی

دمایی	کورئولوسی	
گاز و تحت شرایطی مایع	مایع، دوغاب و تحت شرایطی گاز	نوع سیال
۵۰۰ psig به بالا	تا ۲۸۰۰ psig	فشار کاری
تا ۱۵۰ درجه‌ی فارنهایت و بالاتر	تا ۴۰۰ درجه‌ی فارنهایت	دمای کاری
تا ۴۰۰۰ gpm برای مایعات، تا ۱۵۰۰ scfm برای گاز	تا ۲۳۰۰۰ lb/min	محدوده جریان
±۱٪ از ماکزیمم جریان	±۰/۵٪ از ماکزیمم جریان	دقت
۱/۸" تا ۱۰"	۶" تا ۱/۱۶"	اندازه
اندازه‌گیری مستقیم جرم عبوری، افت فشار بسیار کم، مناسب برای اندازه‌گیری گاز با سرعت کم	اندازه‌گیری مستقیم جرم عبوری، مناسب برای شرایط دشوار	مزایا
شکستگی، اثر پذیر از پوشش	هزینه‌های بالا، نیاز به تجهیزات مخصوص برای نصب، افت فشار بالا	معایب

جدول ۳۱.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای نوسانی

چرخشی	سیالی	ریزش‌گردابه	
مایع و گاز	مایع	مایع، گاز و بخار	نوع سیال
تا ۱۴۰۰ psig	تا ۶۰۰ psig	تا ۳۶۰۰ psig	فشارکاری
۱۰۰- تا ۳۵۰ درجه فارنهایت	۰ تا ۲۵۰ درجه فارنهایت	تا ۷۵۰ درجه‌ی فارنهایت	دمای کاری
۱/۸ تا ۳۰۸۲ gpm برای مایعات و ۱۰۰۰۰۰۰ scfh	۱ تا ۱۰۰۰ gpm	۳ تا ۵۰۰۰ gpm برای مایعات و ۱۰۰۰۰۰۰۰ scfh	محدوده جریان
±۱٪ از ماکزیمم جریان مایع	±۱٪ از ماکزیمم جریان مایع	±۱٪ از ماکزیمم جریان مایع ±۲٪ از ماکزیمم جریان گاز	دقت
۱/۲" تا ۱۲"	۱" تا ۴"	۱/۲" تا ۸"	اندازه
بدون اجزای متحرک، ایده‌ال برای گازهای خورنده و بدقلق	بدون اجزای متحرک، قابل استفاده برای طیف وسیعی از مایعات، به‌صرفه	بدون اجزای متحرک، قابل استفاده برای طیف وسیعی از سیالات، به‌صرفه	مزایا
گران، عدم وابستگی چندان به دبی گاز و دانسیته‌ی آن	نیاز به خط لوله مستقیم، حساس به افزایش ویسکوزیته	نیاز به خط لوله مستقیم، حساس به افزایش ویسکوزیته	معایب

جدول ۳۲.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای جابه‌جایی مثبت و توربینی

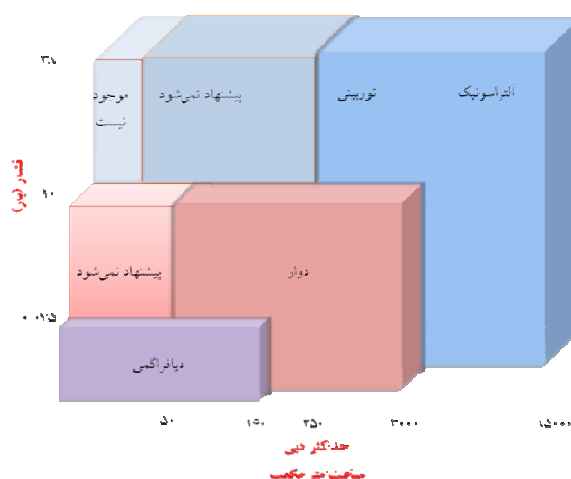
توربینی	جابه‌جایی مثبت	
مایع یا گاز (بخار) تمیز	مایع یا گاز تمیز	نوع سیال
تا ۳۰۰۰ psig	تا ۱۴۰۰ psig برای مایع یا گاز	فشار کاری
۴۵۰- تا ۵۰۰ درجه فارنهایت	تا ۶۰۰ درجه فارنهایت مایع، تا ۲۵۰ درجه فارنهایت گاز	دمای کاری
۰/۰۰۱ تا ۴۰۰۰۰ gpm برای مایعات و ۱۰۰۰۰۰۰ scfh برای گازها	۰/۱ تا ۹۰۰۰ gpm برای مایعات و ۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ scfh برای گازها	محدوده جریان
±۰/۲۵٪ از ماکزیمم جریان (مایع) ±۱٪ از ماکزیمم جریان (گاز)	±۱/۲٪ از ماکزیمم جریان (مایع) ±۱٪ از ماکزیمم جریان (گاز)	دقت
تا ۲۴"	تا ۱۲"	اندازه
دقت بسیار بالا، محدوده کاری مناسب، سهولت در نصب و نگهداری، قابل استفاده برای دبی‌های بسیار پایین، کوچک در اندازه و ابعاد	مناسب برای سیالات ویسکوز، نیاز به یک لوله بالادست مستقیم کوتاه، مدل‌های ساده مستقل از منبع تامین انرژی	مزایا
حساس به افزایش ویسکوزیته، غیر قابل استفاده در سیالات دو فازی، نیاز به یک خط لوله مستقیم در بالا دست	دارای چرخنده‌های مکانیکی، نیاز به بازرسی مداوم، حساس به گردوغبار و نیازمند به فیلتراسیون جریان بالادست، بزرگ و سنگین	معایب

جدول ۳۳.۳: برخی از قابلیت‌ها و محدودیت‌های کنتورهای سطح متغیر و آلتراسونیک

آلتراسونیک (پالسی)	سطح متغیر	
مایعات نسبتاً تمیز (برخی موارد گازها)	مایع یا گاز (بخار)	نوع سیال
تا ۱۰۰۰ psig	تا ۳۵۰ psig (لوله‌ی شیشه‌ای) تا ۷۲۰ psig (لوله‌ی فلزی)	فشار کاری
۳۰۰- تا ۵۰۰ درجه فارنهایت	تا ۴۰۰ درجه فارنهایت (لوله‌ی شیشه‌ای)، تا ۱۰۰۰ درجه فارنهایت گاز (لوله‌ی فلزی)	دمای کاری
۰/۰۰۱ تا ۴۰۰۰۰ gpm برای مایعات و ۱۰۰۰۰۰۰۰ scfh برای گازها	۰/۰۱ cm ³ /min تا ۳۰۰ gpm (مایعات) ۰/۳ cm ³ /min تا ۱۵۰۰ scfm (گاز)	محدوده جریان
±۱٪ تا ±۵٪ ماکزیمم جریان	±۱۰٪ تا ±۰/۵٪ ماکزیمم جریان	دقت
۳/۸" به بالا	تا ۳"	اندازه
عدم وجود مسدود کننده جریان،	ارزان، غیر حساس به تغییرات ویسکوزیته، بی‌نیاز به منبع توان خارجی، نیاز به حداقل لوله کشی	مزایا
نیاز به یک لوله مستقیم در بالا دست برای تولید جریان یکنواخت، تنها برای سیالات تمیز	جاگذاری به صورت عمودی، نیاز به مبدل برای تبدیل خروجی‌ها	معایب

جدول ۳۴.۳: مشخصات سایزهای مختلف کنتورهای توربینی

G-rating	Pipe Size	Qmax(m3/h)	Qmin(m3/h) ,B=30	Qmin(m3/h) ,B=20	Qmin(m3/h) ,B=10	Qmin(m3/h) ,B=5
G 16	2"	25	-	-	-	5
G 25	2"	40	-	-	-	8
G 40	2"	65	-	-	6	13
G 65	2"	100	-	5	10	20
G 100	3"	160	-	8	16	32
G 160	3"	250	8	13	25	50
G 160	4"	250	-	13	25	50
G 250	3"	400	13	20	40	80
G 250	4"	400	-	20	40	80
G 250	6"	400	-	20	40	80
G 400	4"	650	20	32	65	130
G 400	6"	650	-	32	65	130
G 400	8"	650	-	32	65	130
G 650	6"	1000	32	50	100	200
G 650	8"	1000	32	50	100	200
G 1000	6"	1600	50	80	160	320
G 1000	8"	1600	-	80	160	320
G 1000	10"	1600	-	80	160	320
G 1600	8"	2500	80	130	250	500
G 1600	10"	2500	80	130	250	500
G 2500	10"	4000	130	200	400	800
G 2500	12"	4000	-	200	400	800
G 4000	12"	6500	200	320	650	1300
G 4000	16"	6500	-	320	650	1300
G 6500	16"	10000	320	500	1000	2000
G 6500	20"	10000	-	500	1000	2000
G 10000	20"	16000	-	800	1600	3200
G 10000	24"	16000	-	800	1600	3200
G 16000	24"	25000	-	1300	2500	5000



شکل ۷۴.۳: معیار انتخاب کنتورها بر اساس دبی و فشار کارکرد

۲.۳.۳ تقسیم‌بندی کنتورها بر اساس مشخصات آنها

با وجود این نرم‌افزار کاربر قادر خواهد بود با توجه به شرایط عملیاتی در اجرای طرح‌ها نوع کنتور مناسب را با استفاده از این نرم‌افزار انتخاب کند. برای طراحی نرم‌افزار انتخاب کنتور دو مرحله در نظر گرفته شده است:

- مرحله اول شامل انتخاب نوع کنتور از بین کنتورهای متداول در صنایع گاز، که در فصل اول توضیح داده شد، می‌باشد.
- مرحله دوم شامل انتخاب مدل کنتور با توجه به شرکت سازنده و نوع کنتور انتخاب شده در مرحله اول می‌باشد.

نتایج مطالعات درباره پارامترهای اولیه و ثانویه در جدول ۳۶.۳ تا جدول ۴۲.۳ ارائه شده است [۱-۵]. در جدول ۳۵.۳ راهنمای جداول ارائه شده است.

جدول ۳۵.۳: راهنمای جداول

قسمت اول	Design Temperature
	Design Pressure
	Dirty Gas
	Clean Gas
قسمت دوم	Maintenance Cost
	Installation Cost
	Initial Cost
	Relative Cost
	Typical Rangeability
قسمت سوم	Type Of Measurement
	Reynolds No.
	Viscosity Effect
	Pressure Loss
	Operating Cost
قسمت چهارم	End Connections
	Sizes
	Signal
قسمت پنجم	Performance Stability
	Sensitivity To Installation Effects
	Straight Piping Requirements
قسمت ششم	Advantages
قسمت هفتم	Disadvantages

جدول ۳۶.۳: مشخصات کنتورهای گاز - قسمت اول

	Flowmeter Type	Clean Gas	Dirty Gas	Design Pressure	Design Temperature
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	GOOD	Limited Application	Determined by Transmitter	Determined by Material
	Segmental Wedge Orifice Plate	GOOD	GOOD	Determined by Transmitter	Determined by Material
	Venturi Tube	GOOD	GOOD	Determined by Transmitter	Determined by Material
	Flow Nozzle	GOOD	Limited Application	Determined by Transmitter	Determined by Material
	Pitot Tube	GOOD	Limited Application	Determined by Transmitter	Determined by Material
	Elbow	GOOD	GOOD	Determined by Transmitter	Determined by Material
Mass	Coriolis Type	Limited Application	Limited Application	Up to 2800 psig	Up to 400 F
	Thermal Dispersion	GOOD	Limited Application	>500 psig	up to 150 F and higher
Oscillatory	Vortex Shedding	GOOD	Limited Application	up to 3600 psig	up to 750 F
	Vortex Precession	GOOD	Limited Application	up to 1400 psig	-100 F to 350 F
Ultrasonic	Transit Time	GOOD	Not Recommended	1000 psig up	-300 F to 500 F
Other Type	Turbine	GOOD	Limited Application	Up to 3000 psig	-450 F to 500 F
	Variable Area	GOOD	Limited Application	Up to 350 psig(glass tube) and 720 psig(metal tube)	Up to 400 F(Glass Tube) and 1000F(Metal Tube)
	Target	GOOD	GOOD	Up to 10,000 psig	Up to 750 F
	Positive Displacement	GOOD	Limited Application	Up to 1400 psig	Up to 250 F

جدول ۳۷.۳: مشخصات کنتورهای گاز - قسمت دوم

	Flowmeter Type	Typical Rangeability	Relative Cost	Initial Cost	Installation Cost	Maintenance Cost
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	3:1 to 5:1	Low	Low to High	Medium to High	Medium to High
	Segmental Wedge Orifice Plate	3:1 to 5:1	High	High	Low	Low
	Venturi Tube	3:1 to 5:1	High	Medium to High	Medium	Low
	Flow Nozzle	3:1 to 5:1	Medium	Medium to High	Medium	Low
	Pitot Tube	3:1 to 5:1	Low	Low	Medium	Low
	Elbow	3:1 to 5:1	low	Low	Medium	Low
Mass	Coriolis Type	10:1 to 100:1	High	High	Low to Medium	Low
	Thermal Dispersion	up to 100:1	High	Low to Medium	Low to Medium	Low
Oscillatory	Vortex Shedding	10:1 to 20:1	Medium	Medium	Low to Medium	Low to Medium
	Vortex Precession	8:1 to 25:1	Medium	Medium	Low to Medium	Low to Medium
Ultrasonic	Transit Time	10:1 to 40:1	Medium	Low to High	Low to High	Low
Other Type	Turbine	10:1 to 50:1	Medium	Low to High	Medium to High	Medium to High
	Variable Area	5:1 to 12:1	low	Low to Medium	Low	Low
	Target	3:1 to 20:1	low	Low to Medium	Low	Medium to High
	Positive Displacement	10 to 1	High	High	High	High

جدول ۳۸.۳: مشخصات کنتورهای گاز. قسمت سوم

	Flowmeter Type	Operating Cost	Pressure Loss	Viscosity Effect	Reynolds No.	Type Of Measurement
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	Medium to High	High	High	>10,000	Square Root Volumetric
	Segmental Wedge Orifice Plate	Low to Medium	Medium	High	>500	Square Root Volumetric
	Venturi Tube	Low	Low	High	>75,000	Square Root Volumetric
	Flow Nozzle	Medium	Medium	High	>75,000	Square Root Volumetric
	Pitot Tube	Medium	Very low	High	>100,000	Square Root Volumetric
	Elbow	Medium	Very low	High	>10,000	Square Root Volumetric
Mass	Coriolis Type	Low to High	Low	None	None	Linear Mass Volumetric
	Thermal Dispersion	Low to Medium	Low	None	None	Logrithmic Mass
Oscillatory	Vortex Shedding	Medium	Medium	Medium	>10,000	Linear Volumetric
	Vortex Precession	Medium	Medium	Medium	>10,000	Linear Volumetric
Ultrasonic	Transit Time	Low	Low	None	None	Linear Mass Volumetric
Other Type	Turbine	Medium	High	Medium	>10000	Linear Volumetric
	Variable Area	Medium	Medium	Medium	None	Linear Volumetric
	Target	Medium	Medium	Medium	>100	Square Root Volumetric
	Positive Displacement	Medium	High	High	None	Linear Volumetric

جدول ۳۹.۳: مشخصات کنتورهای گاز. قسمت چهارم

	Flowmeter Type	Signal	Sizes	End Connections
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	Analog Electronic or Pneumatic	> 1" - Determined by pipe size	Mounts between flanges
	Segmental Wedge Orifice Plate	Analog Electronic or Pneumatic	>5" - Determined by pipe size	Mounts between flanges
	Venturi Tube	Analog Electronic or Pneumatic	>2"	Flanged
	Flow Nozzle	Analog Electronic or Pneumatic	2" to 48"	Flanged or mounted between connections
	Pitot Tube	Analog Electronic or Pneumatic	>3"	Insert Probe
	Elbow	Analog Electronic or Pneumatic	>2" - Determined by pipe size	Mounts in 90° pipe Elbow
Mass	Coriolis Type	None	1/16" to 6"	Threaded or Flanged
	Thermal Dispersion	None	1/8" to 10 "	Threaded or Flanged
Oscillatory	Vortex Shedding	Frequency or analog electronic	1/2" to 8", larger sizes available (sampling and bypass type available)	Flanged, threaded, wafer or insert, also can be used as bypass meter around mainline orifice
	Vortex Precession	Frequency or analog electronic	1/2" thru 12"	Flanged
Ultrasonic	Transit Time	analog electronic or digital	>0.5"	Flanged (clamp-on design available)
Other Type	Turbine	Frequency or analog electronic	Up to 24" (Sampling type available) - also used as bypass meter around mainline orifice	Flanged, threaded
	Variable Area	Analog Electronic or Pneumatic	Up to 3", also used as bypass meter around a mainline orifice for larger pipe sizes	Female Pipe threaded or flanged
	Target	Analog Electronic or Pneumatic	up to 8" (Sampling types available)	Flanged, threaded, flared tubes
	Positive Displacement	Pulse or analog electronic	>12"	Flanged, threaded

جدول ۴۰.۳ : مشخصات کنتورهای گاز - قسمت پنجم

	Flowmeter Type	Straight Piping Requirements	Sensitivity To Installation Effects	Performance Stability
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	Performance Affected by Edge and Tap Wear
	Segmental Wedge Orifice Plate	5D to 30D-UP 2D to 5D Down	Low	GOOD
	Venturi Tube	Upstream Runs Shorter Than OP by Factor 2-9Times-5 to 20	Low	GOOD
	Flow Nozzle	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	Medium	GOOD
	Pitot Tube	20 to 30	***	***
	Elbow	30	***	***
Mass	Coriolis Type	None	None	GOOD
	Thermal Dispersion	10 to 20D-UP	Medium to High	Performance Affected by severe Build-up on Sensor for Immersion Types
Oscillatory	Vortex Shedding	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	GOOD
	Vortex Precession	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	GOOD
Ultrasonic	Transit Time	5D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	GOOD
Other Type	Turbine	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	Performance Affected by Wear of Bearings & other Parameters
	Variable Area	None	None	GOOD
	Target	10D to 40D-UP 2D to 6D Down	High	Performance Affected by Wear of Target
	Positive Displacement	None	***	***

جدول ۴۱.۳: مشخصات کنتورهای گاز - قسمت ششم

	Flowmeter Type	Advantages
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	Ease of Installation - Uses one Transmitter Regardless of Pipe Size - Wide Variety of Types and Material Available - Versions Available that do not Requires Power
	Segmental Wedge Orifice Plate	Ease of Installation - Uses one Transmitter Regardless of Pipe Size - Wide Variety of Types and Material Available - Versions Available that do not Requires Power
	Venturi Tube	Low Permanent Loss - Uses One Transmitter Regardless of Pipe Size
	Flow Nozzle	Low Permanent Loss - Uses One Transmitter Regardless of Pipe Size - Good for high velocity fluids; Handles dirty fluids better than orifice plate
	Pitot Tube	Uses One Transmitter Regardless of Pipe Size - Averaging Types Available
	Elbow	Easy to Install - Uses One Transmitter Regardless of Pipe Size - Can be Bi-directional by Using 45" Tap Location - Minimum Upstream Piping Requirements
Mass	Coriolis Type	No moving parts - Unaffected by changes in: temperature, pressure, density, viscosity, and flow profile - Measures Mass Flow Directly - Can Handle Very Difficult Applications
	Thermal Dispersion	Measure Mass Flow Directly - Good for Low Velocity Gas Measurement
Oscillatory	Vortex Shedding	No Moving Parts - Suitable for wide Variety of Fluids - Excellent Combination of Price and Performance
	Vortex Precession	No Moving Parts - Ideal for Corrosive and Difficult Gases
Ultrasonic	Transit Time	Non-Intrusive - Handle large pipe sizes- Clamp-on available - No Flow Obstruction -Can be Directional -
Other Type	Turbine	Good Operating Range - Easy to Install and Maintain - Very Low Flow Rate Design Available - Small in Size - Lightweight - Some Versions do not Require External Power
	Variable Area	Somewhat Self-Cleaning - Direct Indicating - No Power Required - Minimum Piping Requirements - Versions Available with Plastic Liners
	Target	No Moving Parts - Good for Hot, Tarry and Sediment Bearing Fluids
	Positive Displacement	Good for Custody Transfer, Batching, Blending- Simplest Versions do not Require Electric Power- Very Little Straight Upstream Pipe Required

جدول ۴۲.۳: مشخصات کنتورهای گاز - قسمت هفتم

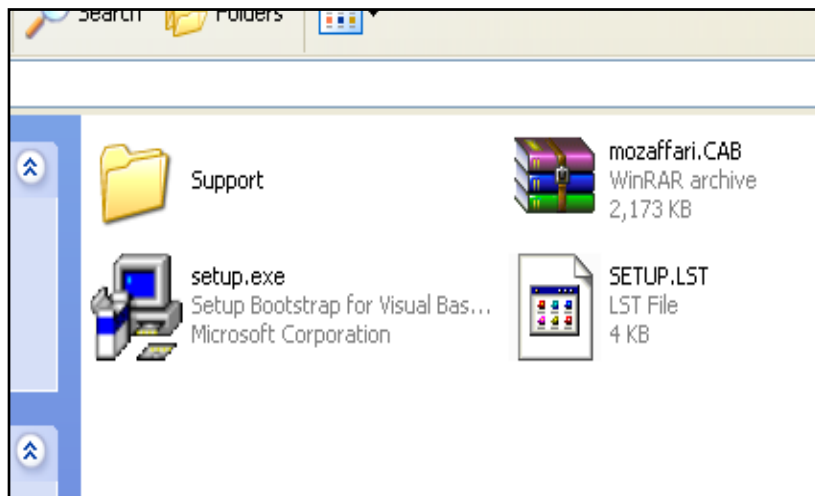
	Flowmeter Type	Disadvantages
Differential Pressure	Concentric (Square Edged) Orifice Plate	Limited Range-Pressure and/or Temp. Compensation May be Required
	Segmental Wedge Orifice Plate	Pressure and/or Temp. Compensation May be Required
	Venturi Tube	Can be unwieldy and difficult to install due to size - Pressure and/or Temp. Compensation May be Required - Big and Heavey Especially in Larger Pipe Sizes
	Flow Nozzle	Difficult to remove for inspection and cleaning - Pressure and/or Temp. Compensation May be Required - Lack Extensive Data Compared to Orifice Plates - Calibration Recommended for Optimum Performance
	Pitot Tube	Does not Sample Full Sream - Low Differential Pressure for Given Flow Rate
	Elbow	Not Good for Low Flow Velocity - Low Differential Pressure for Given Flow Rate
Mass	Coriolis Type	Sensitive to Vibration - Not suitable for large pipe sizes-Entrained Air May Cause Problems - Be Careful with 2 Phase Flow
	Thermal Dispersion	May Need To Provide Compensation for Wide TEMP. Ranges - Affected by Coating - Some Designs are Fragile
Oscillatory	Vortex Shedding	Vibration can affect accuracy - Lacks industry approvals
	Vortex Precession	Vibration can affect accuracy - Lacks industry approvals
Ultrasonic	Transit Time	Sensitive to swirl
Other Type	Turbine	Require Care when Used in Varying Flow Rate Applications.
	Varaible Area	Fluids Under 3cp - Requires Accessories for Data Transmission - Must be Vertically Mounted - Requires Minimum Back Pressure
	Target	Limited Range
	Positive Displacement	Subject to Mechanical Wear - Require Periodic Proving - Sensitive to Dirt and may Require Upstream Filter - May RequireSpecial Installation Care - Larger Sizes are Excessive in Size and Weight

۴.۳ انتخاب کنتور توسط نرم افزار

با دانستن اطلاعات مربوط به انواع دبی سنج‌ها و پارامترهای موثر بر انتخاب یک کنتور و وارد کردن اطلاعات ورودی خوراک به نرم افزار، کنتور مناسب تعیین می‌شود. در ابتدا طریقه نصب نرم‌افزار شرح داده شده است، سپس وارد محیط نرم‌افزار شده و قدم به قدم جلو رفته تا کنتور مناسب انتخاب شود. دانستن این نکته ضروری است که اساس درک این مراحل نیازمند تسلط کاربر روی مطالب قسمت اول راهنمای نرم‌افزار است.

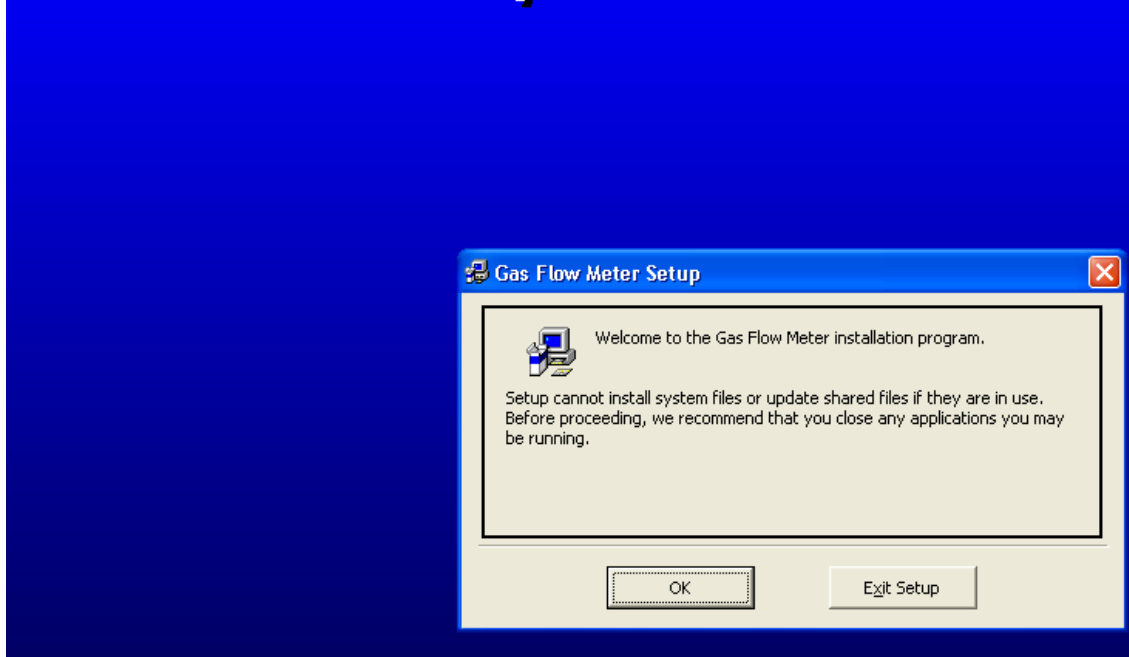
۱.۴.۳ نصب نرم‌افزار انتخاب کنتور

برای استفاده از این نرم‌افزار، در ابتدا بایستی این نرم‌افزار مانند هر نرم افزار دیگر نصب گردد. فایل حاوی بسته نرم‌افزار شامل یک فایل با نام Setup می‌باشد. با کلیک بر روی این فایل که در شکل ۷۴.۳ نشان داده شده است، صفحه جدیدی که در شکل ۷۶.۳ آمده است نمایان می‌شود؛ در این مرحله بر روی دکمه OK کلیک می‌شود.



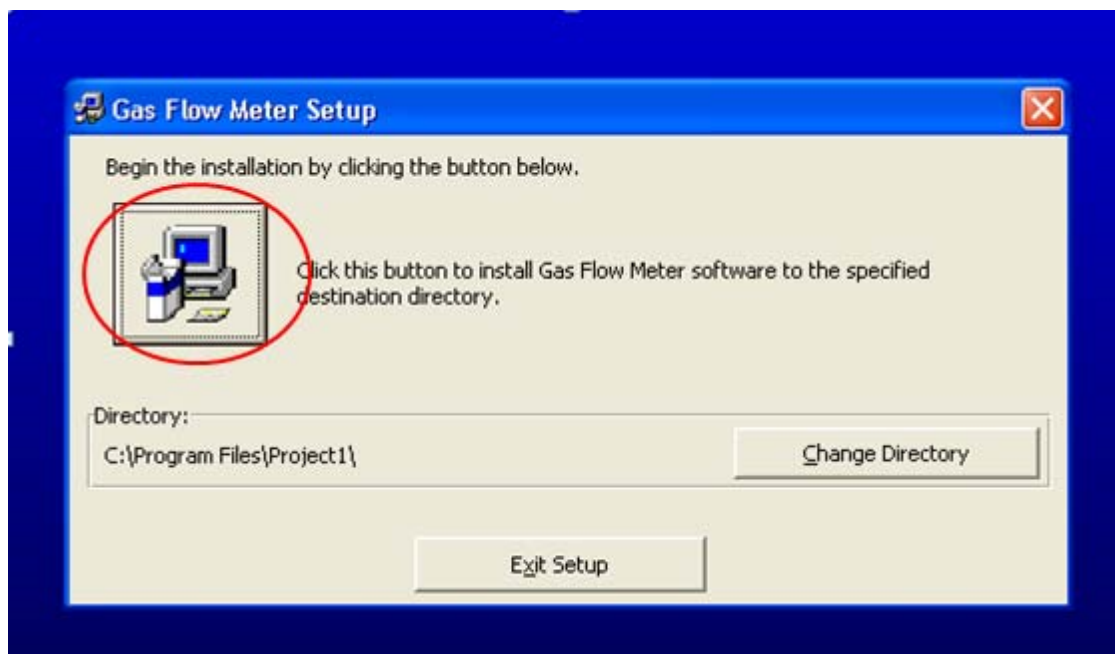
شکل ۷۵.۳: فایل‌های موجود در بسته نرم‌افزاری

Gas Flow Meter Setup



شکل ۷۶.۳: صفحه اول مربوط به نصب نرم‌افزار

همانطور که در شکل ۷۷.۳ آمده است؛ در مرحله بعد با کلیک بر روی دکمه OK صفحه جدیدی نمایان می‌شود که در آن از کاربر مسیری را که نرم‌افزار می‌خواهد نصب شود درخواست می‌شود.



شکل ۷۷.۳: صفحه اعلام مسیر نصب نرم‌افزار

همانطور که در شکل ۷۷.۳ نمایان می‌باشد، با کلیک بر روی قسمتی که در شکل با دایره قرمز مشخص شده، نرم‌افزار شروع به نصب می‌کند تا پیغام نصب با موفقیت ظاهر شود؛ این صفحه در شکل ۷۸.۳ آمده است.



شکل ۷۸.۳: صفحه اعلام نصب با موفقیت نرم افزار

۲.۴.۳ کار با نرم افزار

پس از اجرا کردن نرم‌افزار صفحه اول نرم‌افزار باز می‌شود که شامل آرم دفتر پژوهش، نام نرم‌افزار، عکس‌های از انواع دبی‌سنج‌ها، دکمه *Input flow meter data*، منوهای *File* و *Flowmeter* می‌باشد. این صفحه در شکل ۷۹.۳ نشان داده شده است.



شکل ۷۹.۳: صفحه اول نرم افزار انتخاب دبی‌سنج

بخش File

گزینه‌های مربوط به زیربخش فایل در شکل ۸۰.۳ آورده شده است. که شامل زیر بخش‌های زیر می‌باشد. در ادامه به توضیح هر زیر بخش می‌پردازیم.

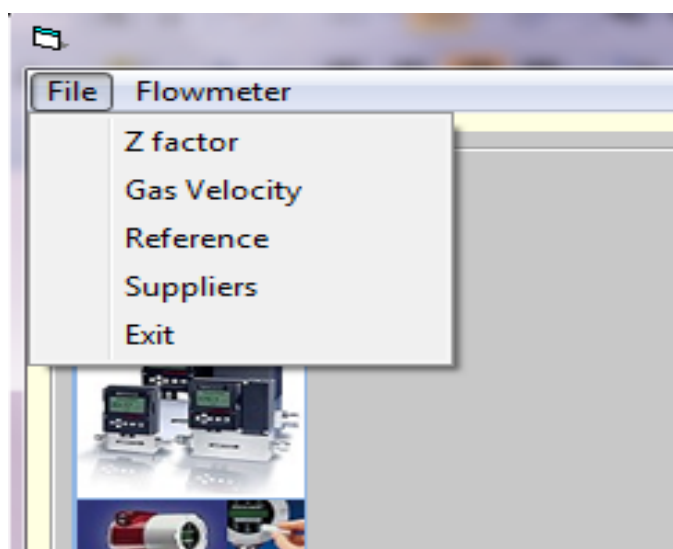
Z factor

Gas Velocity

Reference

Suppliers

Exit



شکل ۸۰.۳: گزینه‌های مربوط به زیر بخش فایل

۱. زیر بخش Z factor

زیر بخش Z factor در صفحه شکل ۸۱.۳ نشان داده شده است. که با دانستن مقدار دانسیته نسبی یک گاز با روابط ارائه شده، ابتدا مقدار دمای بحرانی و فشار بحرانی گاز محاسبه می‌شود. سپس با دانستن مقدار دما و فشار عملیاتی، عباراتی تحت عنوان دمای کاهش یافته و فشار کاهش یافته محاسبه می‌گردد. بعد از این مرحله با استفاده از معادله و ضرایب ثابت ارائه شده مقدار و ضریب تراکم پذیری گاز بدست خواهد آمد. در انتهای صفحه محدوده کاربرد معادله ارائه شده نشان داده شده است؛ که باید به این نکته توجه شود.

۲. زیر بخش Gas Velocity

پس از کلیک روی آیکن مربوطه در صفحه اول نرم‌افزار، کاربر وارد صفحه جدیدی مطابق با شکل ۸۲.۳ می‌گردد. سرعت گاز در هر بخش لوله نسبت دبی جریان به سطح مقطع عبوری محاسبه شده است. در این صفحه مقدار سرعت گاز در حالت استاندارد با توجه به روابط حالت پایا قابل تبدیل به سرعت در شرایط عملیاتی می‌باشد. در رابطه ساده شده انتهای صفحه، سرعت واقعی گاز بر اساس دبی حالت استاندارد خط لوله، دما و فشار عملیاتی، قطر خط لوله و ضریب تراکم‌پذیری گاز محاسبه می‌شود.

Calculation Specifications of the Gases

Pseudo-critical Properties of Gases

If the gas composition is not available, the below correlation can be used to determine the pseudo-critical properties of the gases.

$$T_{pc} = 169.2 + 349.5 \times \gamma_g - 74 \times \gamma_g^2$$

$$P_{pc} = 756.8 - 131 \times \gamma_g - 3.6 \times \gamma_g^2$$

In above correlations, γ_g is gas specific gravity. Pressures and temperatures are in psia and °R respectively.

Pseudo - reduced temperature and Pseudo - reduced pressure

$$T_{pr} = T / T_{pc}$$

$$P_{pr} = P / P_{pc}$$

Determining the Z factors by Dranchuk - Abu Kassem Method

$$z = 1 + \left[A_1 + \frac{A_2}{T_{pr}} + \frac{A_3}{T_{pr}^3} + \frac{A_4}{T_{pr}^4} + \frac{A_5}{T_{pr}^5} \right] \rho_{pr} + \left[A_6 + \frac{A_7}{T_{pr}} + \frac{A_8}{T_{pr}^2} \right] \rho_{pr}^2 - A_9 \left[\frac{A_7}{T_{pr}} + \frac{A_8}{T_{pr}^2} \right] \rho_{pr}^5 + A_{10} (1 + A_{11} \rho_{pr}^2) \text{Exp}[-A_{11} \rho_{pr}^2]$$

Where

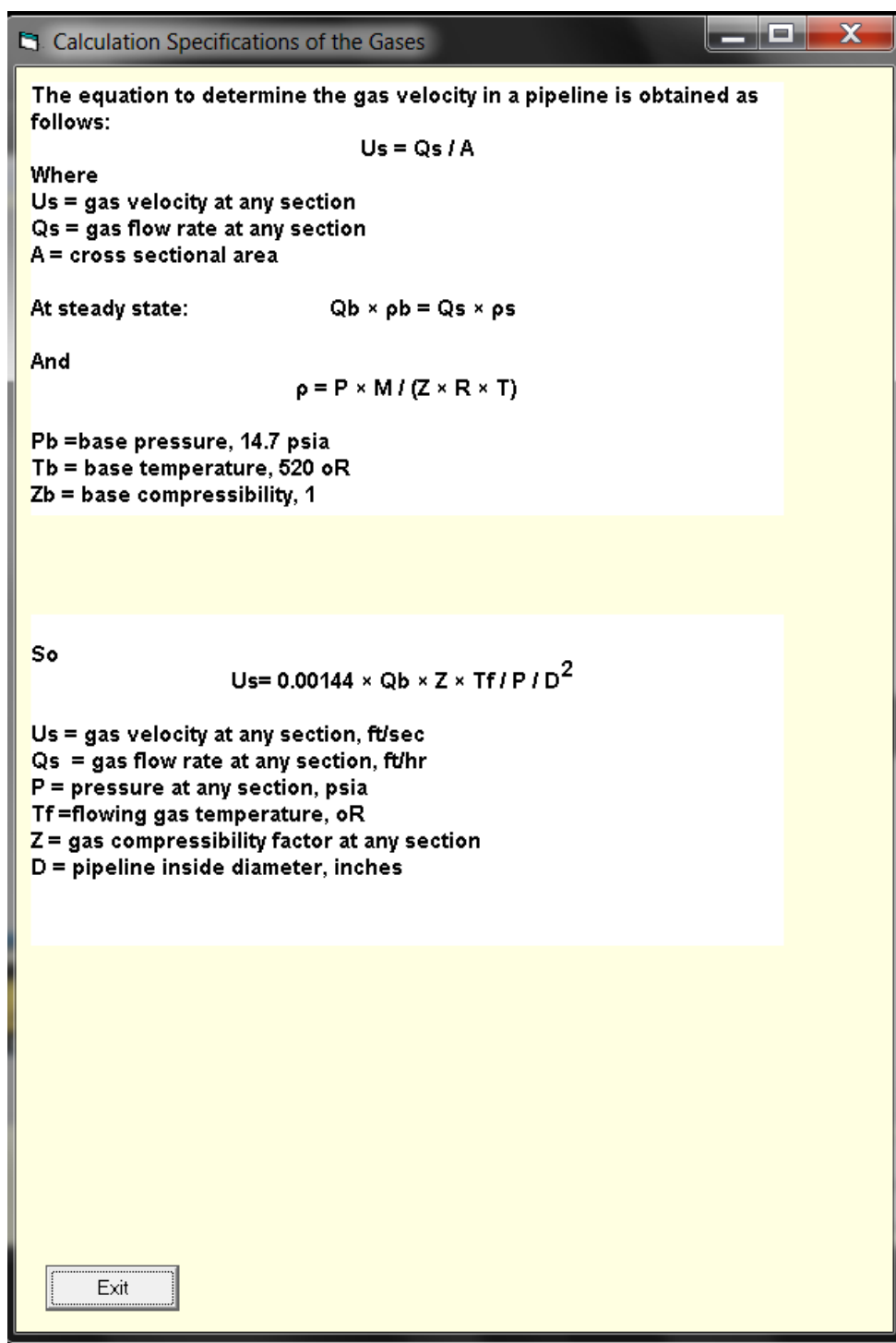
$$\rho_{pr} = 0.27 \left[\frac{P_{pr}}{Z T_{pr}} \right]$$

$A_1 = 0.3265$	$A_2 = -1.07$	$A_3 = -0.5339$	$A_4 = 0.01569$
$A_5 = -0.05165$	$A_6 = 0.5475$	$A_7 = -0.7361$	$A_8 = 0.1844$
$A_9 = 0.1056$	$A_{10} = 0.6134$	$A_{11} = 0.7210$	

The range of applicability is $0.2 \leq P_{pr} < 30$ for $1.0 < T_{pr} \leq 3.0$ and $P_{pr} < 1.0$ for $0.7 < T_{pr} < 1.0$.

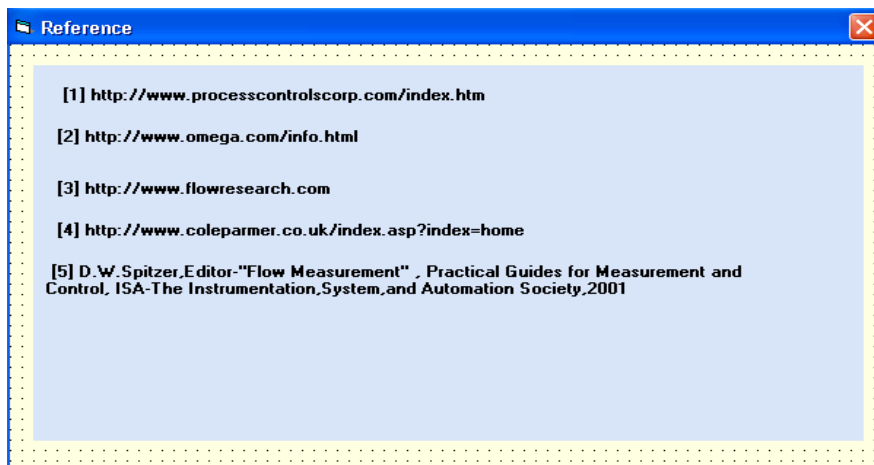
Exit

شکل ۸۱.۳: صفحه نحوه محاسبه ضریب تراکم‌پذیری گاز



شکل ۸۲.۳: صفحه نحوه محاسبه سرعت گاز در لوله

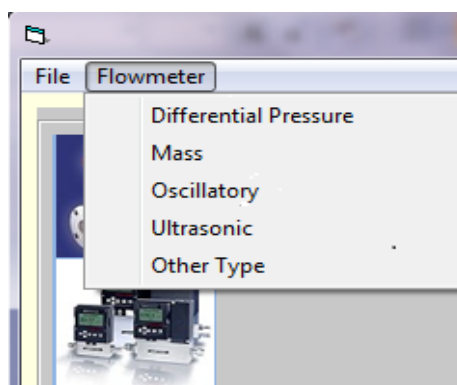
در این قسمت با کلیک روی گزینه Reference منابع و مراجعی که در طراحی این نرم‌افزار به کار برده شده نمایش داده می‌شود (شکل ۸۳.۳) و گزینه Exit که برای خروج از برنامه می‌باشد.



شکل ۸۳.۳: صفحه مراجع

بخش Flow meter

با کلیک بر روی گزینه Flow meter لیست انواع دبی‌سنج‌ها، بدون قید مدل‌ها ظاهر می‌شود. برای مشاهده مدل‌ها، با انتخاب هر نوع از دبی‌سنج‌ها صفحه‌ای ظاهر می‌شود که در آن انواع مدل‌های مربوطه با نمونه‌ای از شکل دبی‌سنج موجود در آن گنجانده شده‌است. در شکل ۸۴.۳ نمایی از زیربخش‌های Flow meter و در شکل ۸۵.۳ نمونه‌ای از صفحه مربوط به مشخصات یک نوع دبی‌سنج Differential Pressured آورده شده است.



شکل ۸۴.۳: زیربخش‌های Flow meter



شکل ۸۵.۳: انواع دبی‌سنج‌های از نوع Differential Pressure

بخش Input Flow Meter Data

بخش اصلی نرم‌افزار که مربوط به وارد کردن داده‌ها می‌باشد و تعیین‌کننده شرایط کارکرد و تعریف شده توسط کاربر است، با کلیک بر روی دکمه Input Flow Meter Data ظاهر می‌شود. که در شکل ۸۶.۳ نشان داده شده است. در واقع می‌توان به نوعی آن را صفحه تعریف مساله نامید. که کاربر تمامی معلومات مساله را به نرم‌افزار می‌دهد تا با استفاده از دانسته‌های موجود در خصوص انواع دبی‌سنج، مجهول که همان دبی‌سنج مناسب است را تعیین کند. پس در این صفحه اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب دبی‌سنج توسط کاربر وارد می‌شود. این خصوصیات که همگی توسط کاربر بایستی در ابتدا به نرم‌افزار داده شود شامل موارد زیر می‌باشد:

- خصوصیات گاز
- فشار محیطی
- شرایط عملیاتی کنتور یعنی دبی، دما و فشار اسمی
- دقت اندازه‌گیری

- سایز خطلوله‌ای که قرار است کنتور روی آن نصب گردد.

در قسمت ورود اطلاعات مربوط به دما، فشار و دبی این قابلیت به نرم‌افزار اضافه شده تا کاربر بتواند اطلاعات ورودی با واحدهای مختلف را وارد نماید. در این نرم‌افزار بعد از وارد کردن اطلاعات اولیه لازم امکان مشاهده پارامترهای مختلفی مثل سرعت جریان گاز عبوری در واحدهای مختلف، دبی اسمی، دبی حداقل و دبی حداکثر کنتور در شرایط غیر استاندارد، ضریب فشاری (FP) (نسبت فشار عملیاتی بر حسب psia به فشار استاندارد ۱۴.۷ psia)، ضریب دمایی (FT) (نسبت دمای استاندارد $520R$ به دمای عملیاتی بر حسب R) و عکس ضریب تراکم پذیری ($1/Z$)، خصوصیات مختلف گاز مورد نظر مثل دمای بحرانی، فشار بحرانی، دمای کاهش‌یافته، فشار کاهش‌یافته و ضریب تراکم‌پذیری آن و همچنین محدوده جریان فشار بالا و فشار پایین وجود دارد.

محدوده اندازه‌گیری (Rangeability) پس از وارد کردن بیشترین و کمترین دبی بطور اتوماتیک توسط نرم‌افزار قابل اندازه‌گیری است؛ اما از آنجایی که مقدار دبی ماکزیمم کنتور تابع دبی اسمی کنتور است، با فرض عملکرد کنتور در ۸۰ درصد ظرفیتش (طبق درخواست شرکت گاز استان) مقدار دبی ماکزیمم بدست می‌آید. از طرف دیگر با وارد کردن دبی حداقل کنتور توسط کاربر که همچون دبی اسمی بر اساس شرایط استاندارد است، نرم‌افزار اقدام به محاسبه محدوده اندازه‌گیری فشار بالا (Rangeability(MHP)) می‌کند که در شرایط فشار وارد شده توسط کاربر است. اما از آنجایی که غالباً این فشار مقدار بالایی دارد، محدوده اندازه‌گیری تعیین شده بسیار بالاتر از شرایط فشار پایین است که از آن برای محاسبه G-rate کنتور استفاده می‌کنند. پس بدین ترتیب محدوده اندازه‌گیری فشارپایین (Rangeability(MLP)) که نسبت محدوده اندازه‌گیری فشاربالا به مجذور حاصل ضرب دانسیته نسبی در فشارگاز است، در نرم‌افزار گنجانده شده است. (فشار گاز برحسب بار در اینجا اعمال می‌شود).

امکان مشاهده دبی اسمی و دبی حداکثر در شرایط غیر استاندارد نیز برای کاربر ایجاد شده است. برای تبدیل بین شرایط استاندارد و غیر استاندارد دبی حداکثر و اسمی، از ضریب کلی کنتور استفاده شده است که مقدار آن توسط نرم‌افزار در شرایط دمایی، فشار و دانسیته‌ای مختلف گاز تغییر می‌کند و توسط کاربر قابل مشاهده است. مقدار دبی حداقل کنتور در شرایط غیر استاندارد از تصحیح مقدار

دبی حداقل کنتور در شرایط استاندارد با ضرب در ضریب کلی کنتور و مجذور حاصل ضرب دانسیته نسبی در فشار گاز بدست می‌آید. در اینجا نیز فشار گاز برحسب بار اعمال می‌شود. برای راحتی کاربران امکان اعمال مقدار فشار محیطی و انجام تبدیل واحدها در صفحه ورود اطلاعات قرارداد شده است. که با کلیک کردن روی دکمه Units صفحه تبدیل واحد نمایان می‌شود. نمایی از آن در شکل ۸۷.۳ دیده می‌شود.

The screenshot shows the 'Input Data' window with the following sections:

- Gas Physical Property:** Gas Type (Clean Gas), Gas Gravity (0.6), Environmental Pressure (14.615).
- Instrument Specifications:** Pipe Size (Inch) (3), Accuracy of full Scale (1 %).
- Gas Flow Specifications:**

	Minimum Bound	Nominal	Maximum Bound
Flow Bound (SCMh)	73.62	3747.4	4684.25
Pressure Bound (Paig)	0.25	250	300
Temperature Bound (F)	-1	60	70
- Right Panel:**
 - Tpc (R): 352.26, Tpr: 1.48
 - Ppc (Psia): 676.9, Ppr: 0.39
 - Z (Compressibility): 0.961
 - Fp: 18.006, Ft: 1
 - 1/Z (Compressibility factor): 1.0406
 - Total factor of meter: 18.737
 - Q actual (CMh): 200.004
 - Q Min (CMh): 13
 - Q Max (CMh): 250
 - Rangeability (MHP): 63.63
 - Rangeability (MLP): 19.23
 - Gas Velocity (ft/s): 39.993

Navigation buttons: << Main, Next >>, Units.

شکل ۸۶.۳: صفحه مربوط به دریافت اطلاعات اولیه دبی سنج

The screenshot shows the 'Units' window with the following options:

- T:** C (selected), C
- P:** KPa (selected), KPa
- L:** m (selected), m
- Q:** SCFD (selected), SCFD

Navigation button: back

شکل ۸۷.۳: صفحه تبدیل واحد نرم‌افزار

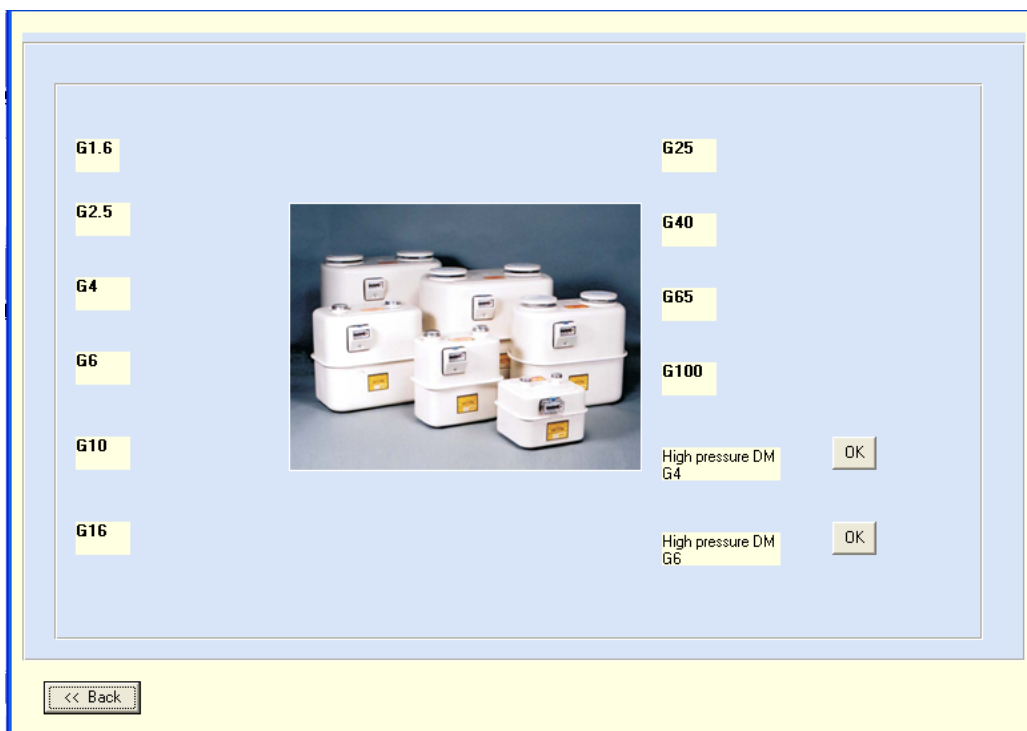
بخش انتخاب نوع و مدل کنتور

در ادامه با کلیک دکمه Next صفحه Flow Meter Type Selection از نرم‌افزار باز می‌شود که در آن نوع کتورهای قابل استفاده با توجه به شرایط داده شده را می‌دهد. با انتخاب جنس دی‌سنج Variable Area (حالت پیش فرض Material کتورهای Variable area در حالت Metal tube است) در این صفحه دکمه Start Choose Flow meter ظاهر می‌شود با کلیک بر روی این دکمه دی‌سنج‌هایی که مورد تایید قرار گرفتند دکمه جلوی اسم آنها Yes و آنهایی که تایید نشدند No می‌شود. این صفحه در شکل ۸۸.۳ نشان داده شده است.

شکل ۸۸.۳: صفحه معین کننده نوع کتورهای انتخابی

همانطور که در شکل ۸۸.۳ نشان داده شده است، نرم‌افزار با توجه به داده‌های ورودی فقط کتور دیافراگمی را انتخاب کرده است. در ادامه با کلیک دکمه Yes پارامترهای ثانویه در پنجره‌ای نمایش داده می‌شود تا کاربر با توجه به آنها بهترین انتخاب را داشته باشد. حال در این قسمت اگر کاربر بخواهد با توجه به شرایط عملیاتی مورد نظرش دی‌سنج دیافراگمی مناسب را پیدا کند، دکمه Yes که جلوی کاربر نمایان شده را می‌فشارد. با زدن این دکمه کاربر وارد صفحه Diaphragm Flow Meter می‌شود. این صفحه در شکل ۸۹.۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل پیداست، در روبروی مدل‌های پذیرفته شده توسط نرم‌افزار، دکمه OK ظاهر می‌شود. با فشردن این دکمه، دیگر

خصوصیات دبی سنج انتخاب شده آورده می‌شود. این صفحه در شکل ۹۰.۳ نشان داده شده است.



شکل ۸۹.۳: صفحه مربوط به دبی سنج‌های دیافراگمی انتخاب شده

Form1	
Temperature (C)	-20 to 50
Pressure max (bar)	Up to 25
Accuracy	$\pm 3 \% : Q_{min} < Q < 2Q_{max}$ $\pm 2 \% : 2Q_{min} < Q < Q_{max}$
Flow (m3/hr)	0.04 to 6

شکل ۹۰.۳: خصوصیات دبی سنج دیافراگمی انتخاب شده

مثالی برای کنتورهای توربینی

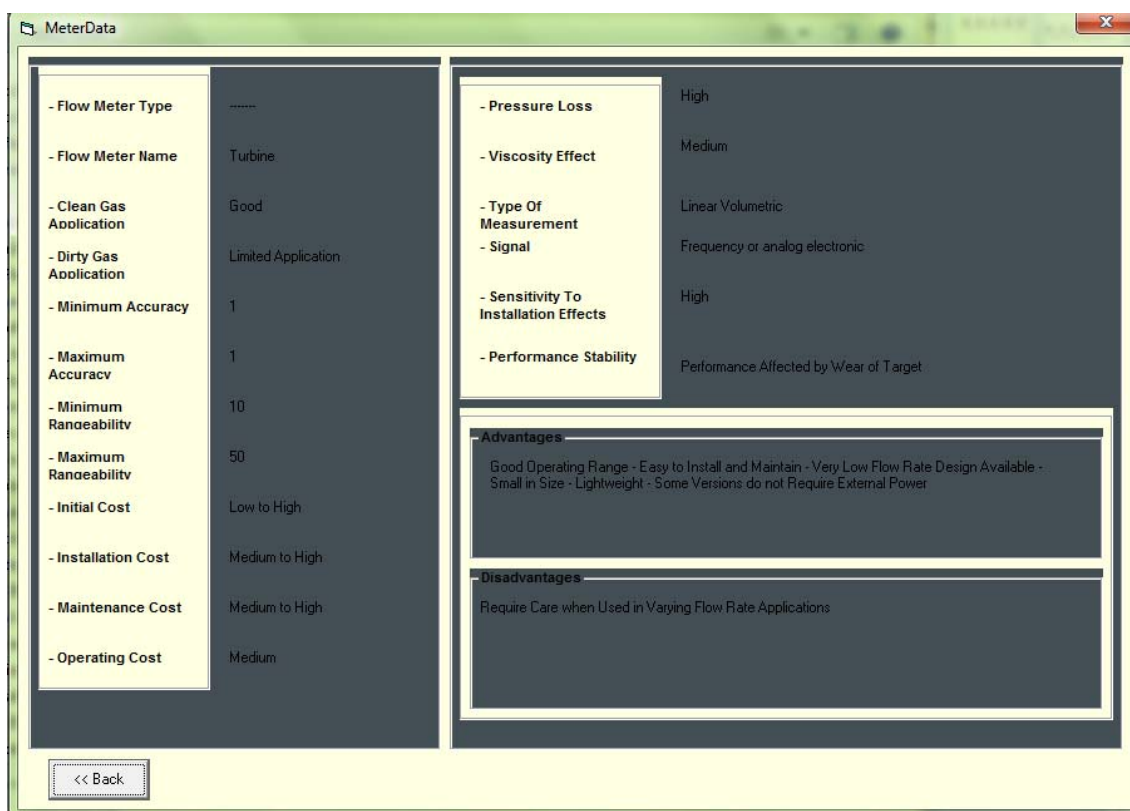
تا اینجا روش کار برای کنتورهای دیافراگمی شرح داده شد، برای سایر کنتورها نیز روال به همین صورت خواهد بود. در ادامه مثالی از کنتورهای توربینی حل شده است، در اینجا نیز می‌بایست مراحل اجرا کردن نرم‌افزار و وارد کردن داده‌ها صورت گیرد، سپس وارد صفحه انتخاب کنتور می‌شویم، این صفحه در شکل ۹۱.۳ نشان داده شده است. همین طور که با دایره قرمز مشخص شده است نرم افزار کنتور توربینی را پیشنهاد کرده است.

شکل ۹۱.۳: صفحه انتخاب کنتور برای مثال توربینی

با کلیک دکمه Yes وارد صفحه شرکت‌های سازنده کنتورهای توربینی می‌شویم، این صفحه در شکل ۹۲.۳ نشان داده شده است. در این صفحه امکان پیشنهاد اندازه کنتور توربینی مناسب توسط نرم‌افزار به کاربر داده شده است. قابل ذکر است که سایز ذکر شده مطابق با جدول ۱۷.۳ قسمت اول راهنمای نرم افزار براساس استاندارد PTB اروپا آورده شده است. در این صفحه با کلیک روی دکمه Overall Specification صفحه شکل ۹۳.۳ نمایش داده می‌شود که بیان‌کننده مشخصات کلی کنتورهای توربینی است.

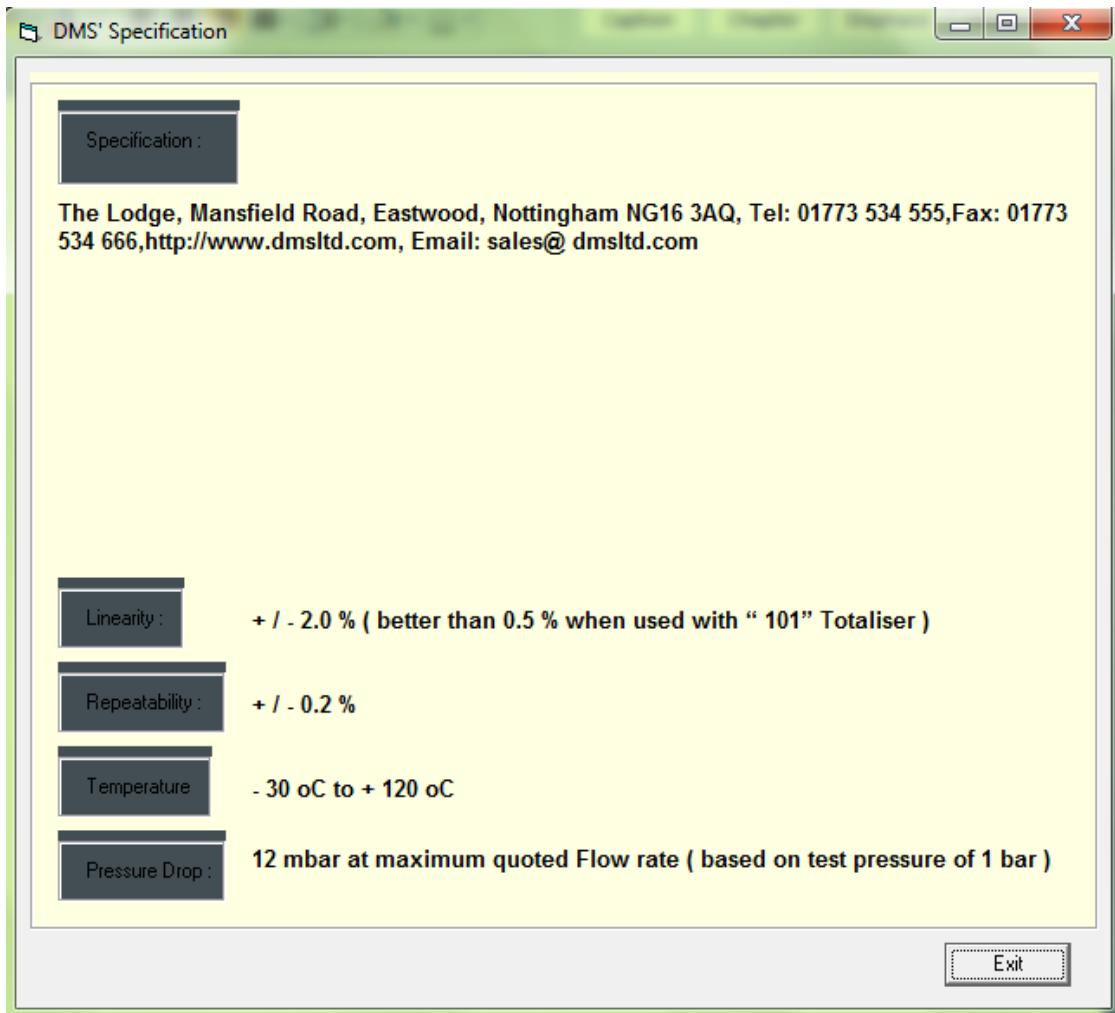


شکل ۹۲.۳: صفحه شرکت‌های سازنده دبی سنج‌های توربینی



شکل ۹۳.۳: صفحه مشخصات کلی کنتورهای توربینی

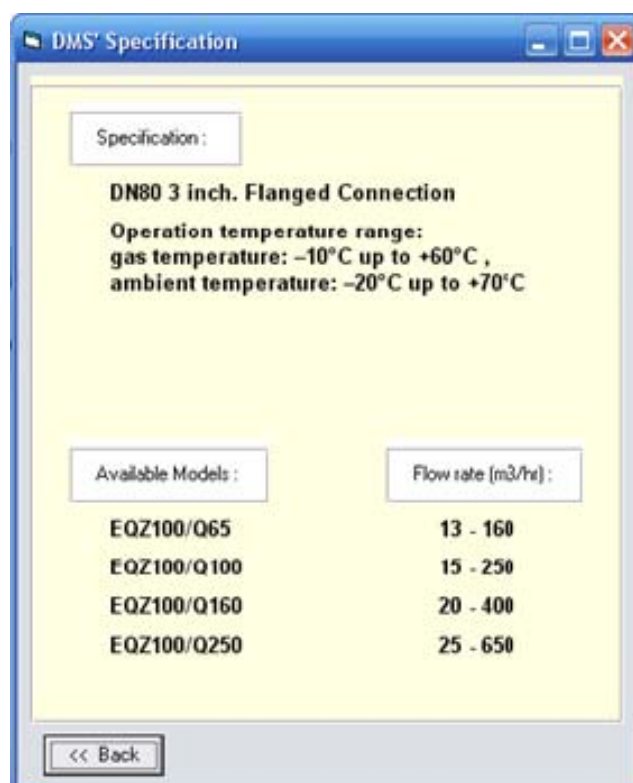
در صفحه شکل ۹۲.۳ با کلیک روی آرم هر شرکت خصوصیات کلی آن شرکت نمایش داده خواهد شد. بعنوان مثال همان‌طور که در شکل ۹۴.۳ نشان داده شده است، با کلیک روی آرم شرکت DMS مشخصات کلی شرکت نمایش داده خواهد شد. با فشردن دکمه Models جلوی آرم هر شرکت، مدل‌های مختلف دبی سنج‌های توربینی شرکت انتخاب شده، توسط نرم‌افزار نشان داده می‌شود. برای مثال کلیه مدل‌های ارائه شده توسط شرکت DMS در شکل ۹۵.۳ پیداست. در روبروی مدل‌های پذیرفته شده توسط نرم‌افزار، دکمه OK ظاهر می‌شود. با فشردن این دکمه، دیگر خصوصیات دبی‌سنج انتخاب شده آورده می‌شود برای مثال در شکل ۹۶.۳ خصوصیات دبی‌سنج EQZ از شرکت DMS، که توسط نرم‌افزار انتخاب شده بود، نشان داده شده است.



شکل ۹۴.۳: مشخصات کلی شرکت DMS



شکل ۹۵.۳: مدل های ارائه شده توسط شرکت DMS



شکل ۹۶.۳: خصوصیات دبی سنج EQZ شرکت DMS

۵.۳ مراجع

- [۱] <http://www.processcontrolscorp.com/index.htm>
- [۲] <http://www.omega.com>
- [۳] <http://www.flowresearch.com>
- [۴] <http://www.coleparmer.co.uk/index.asp?index=home>
- [۵] D.W.Spitzer,Editor-"Flow Measurement" , Practical Guides for Measurement and Control, ISA-The Instrumentation, System, and Automation Society, ۲۰۰۱.

۴ بررسی روش‌های عددی مدل‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک

فعالیت‌های گذشته دفتر پژوهش در راستای مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک به اختصار شامل موارد ذیل است.

- مطالعه‌ی ماهیت الکتروشیمیایی خوردگی گالوانیکی و بررسی روش‌های حفاظت
- استخراج معادلات حاکم و معرفی روش‌های مدل‌سازی عددی
- استفاده از روش المان‌مرزی به منظور مدل‌سازی دوبعدی و سه‌بعدی CP خطوط لوله
- معرفی و استفاده از روش مدار معادل به منظور مدل‌سازی CP یک خط لوله

اقدامات انجام گرفته در گذشته راه را برای مدل‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک خطوط لوله هموار نموده‌است. از اینرو با توجه به اهمیت این مسئله و جنبه‌ی کاربردی بسیار بالای آن، به منظور تکمیل مطالعات انجام گرفته در این زمینه، ارائه راه‌کار و روشی برای مدل‌سازی شبکه خطوط لوله در راس برنامه‌های کاری دفتر پژوهش قرار گرفته‌است. در این فصل با تکیه بر یکی از جدیدترین روش‌های مدل‌سازی شبکه خطوط لوله، یک شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱]. این روش بر پایه‌ی روش مدار معادل ارائه شده که شرح مبسوط آن در گزارش بهمن‌ماه ۱۳۸۷ ارائه شده‌است [۲]. همانگونه که اشاره شد، روش مدار معادل به طور کامل در گزارش‌های پیشین معرفی شده‌است. در این روش لوله، خاک و روکش‌ها با یک سری مقاومت سری و موازی مدل شده و با اعمال قوانین اهم و کیرشهف مقادیر مجهول مسئله که پتانسیل‌ها و یا جریان می‌باشند، تعیین می‌شوند. فرضیات این روش به‌قرار ذیل می‌باشند.

- آندها در فاصله‌ی بسیار دور از کاتد (لوله‌ها) قرار گرفته به‌طوری‌که توزیع جریان یکنواخت باشد.

- وجود رابطه‌ی خطی بین جریان و پتانسیل (البته این رابطه برای افت اهمی لوله (جریان در طول لوله) برقرار بوده و پتانسیل مربوط به منحنی پلاریزاسیون از این قاعده پیروی نمی‌نماید، با این وجود در اکثر مسائل مربوط به مدل‌سازی، این رابطه، خطی فرض می‌شود).
- اندازه، جنس و مقاومت لوله، پوشش و کلیه‌ی موارد مشابه معلوم فرض می‌شود.
- مقاومت خاک در هر نقطه معلوم می‌باشد.

جریان مستقیم عبوری از یک جسم رسانا را می‌توان متناسب با افت ولتاژ در ضریب هدایت (γ) آن فلز دانست. به عبارتی،

$$I = \gamma E \quad (۱-۴)$$

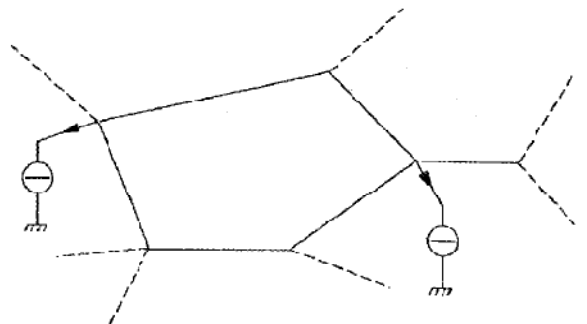
و یا بر حسب مقاومت جسم (r)، پتانسیل را برابر با رابطه‌ی ذیل دانست.

$$E = rI \quad (۲-۴)$$

طبق روابط فوق یک شبکه را به دو شکل اساسی با استفاده از ماتریس ضریب‌هدایت‌ها و یا ماتریس مقاومت‌ها، می‌توان بیان کرد. ماتریس ضریب‌هدایت‌ها را همانگونه که نشان داده خواهد شد، به راحتی می‌توان تولید کرد و تغییر داد. در حالیکه تشکیل ماتریس مقاومت‌ها به سهولت ماتریس ضریب‌هدایت نمی‌باشد. در ادامه مشخص می‌شود که ماتریس مقاومت‌ها، ابزار قوی‌تری در محاسبات مربوط به سیستم‌های حفاظت کاتدیک می‌باشد.

۱.۴ مدل‌سازی شبکه

شماتیکی از یک شبکه خطوط لوله در شکل زیر ارائه شده‌است.

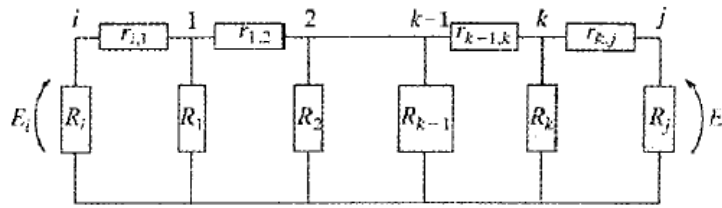


شکل ۱.۴: یک شبکه خطوط لوله فرضی

شبکه فوق را به کمک گره‌ها و مقاومت‌های معادل می‌توان مدل کرد. در روش مدار معادل دو دسته گره‌ی حقیقی و مجازی وجود دارد. گره‌های حقیقی را محل اتصال حداقل دو خط لوله، انتهای خط،

جایی که تغییر در مقاومت طولی و یا تماسی لوله رخ می‌دهد و یا محلی که جریان به لوله تزریق می‌شود می‌توان در نظر گرفت. در عوض نقاط مجازی را هر جای دلخواه روی یک شبکه خطوط می‌توان انتخاب نمود. هر چه تعداد این نقاط مجازی بیشتر باشد، دقت جواب‌ها نیز بیشتر و در عوض زمان محاسبات نیز افزایش می‌یابد.

بدون اینکه در کلیات روش تغییری حاصل شود (هیچ گونه محدودیتی در پیچیدگی شبکه وجود ندارد)، بخشی از شبکه بین دو گرهی حقیقی i و j را مطابق با شکل ۲.۴ می‌توان در نظر گرفت.



شکل ۲.۴: مدل‌سازی بخشی از شبکه با مدار معادل

فاصله‌ی بین دو گرهی حقیقی به k قسمت دلخواه (گره‌های مجازی) تقسیم شده‌است. حال با فرض شرایط یکسان برای مقاومت‌های بین گره‌ها می‌توان روابط ذیل را نتیجه گرفت.

$$R_i = R_j = \frac{2(k+1)R_{ij}^*}{L_{ij}} \quad (۳-۴)$$

$$R_m = \frac{1}{2}R_i = \frac{(k+1)R_{ij}^*}{L_{ij}} \quad m = 1, \dots, k \quad (۴-۴)$$

$$r_{mm} = \frac{r_{ij}^* L_{ij}}{(k+1)} \quad (۵-۴)$$

در روابط فوق L_{ij} فاصله بین گرهی i و j ، $m = 1, \dots, k$ بیانگر نقاط مجازی دلخواه در این فاصله، R_{ij}^* و r_{ij}^* برابر با مقاومت‌های تماسی (بین لوله، روکش و خاک) و مقاومت طولی لوله در واحد طول می‌باشند. ضریب هدایت متناظر با این مقاومت‌ها برابر است با،

$$G_h = \frac{1}{R_h} \quad g_{mm} = \frac{1}{r_{mm}} \quad (۶-۴)$$

بین هر دونقطه‌ی حقیقی مقادیر فوق معلوم فرض می‌شوند. از اینرو تمامی مقاومت‌ها و ضرایب هدایت معلومند. با اتصال بخش‌های مختلف شبکه می‌توان ماتریس کلی تحلیل شبکه را پیدا نمود.

شایان ذکر است به کمک روش موجود هرگونه تغییر در ضریب هدایت خاک و یا مقاومت روکش‌ها به راحتی قابل اعمال بوده و اثر آن در R_{ij}^* لحاظ می‌گردد. همچنین هرگونه تغییر شرایط نسبت به حالت قبلی را می‌توان با اضافه نمودن یک گرهی مجازی جدید به مدار قبلی، اعمال نمود.

۱.۱.۴ ماتریس ضریب هدایت

ماتریس ضریب هدایت (Γ) یک ماتریس مربعی با ابعاد تعداد کل گره‌های مجازی و حقیقی شبکه بوده و به راحتی طبق اصول زیر تشکیل می‌شود [۱].

۱. قطر اصلی ماتریس (Γ_{ii}) برابر است با مجموع ضریب هدایت تمامی گره‌هایی که به گرهی i وصل شده‌اند. به عبارتی

$$\Gamma_{ii} = G_i + \sum_k g_{ik} \quad (۷-۴)$$

۲. بقیه‌ی درایه‌های سطر i برابر است با منفی ضریب هدایت بین گرهی i و k ، به عبارتی،

$$\Gamma_{ik} = -g_{ik} \quad (۸-۴)$$

طبق رابطه‌ی فوق ماتریس هدایت متقارن بوده و $\Gamma_{ik} = \Gamma_{ki}$ ، همچنین مادامی که هیچ اتصال مستقیمی بین گرهی i و k موجود نباشد Γ_{ik} برابر با صفر می‌باشد.

با توجه به قواعد فوق و اینکه اغلب خیلی از گره‌ها با هم هیچ گونه اتصالی ندارند، اکثر درایه‌های ماتریس ضرایب برابر با صفر می‌شوند. از اینرو این ماتریس، اصطلاحاً ماتریس خلوتی می‌باشد. پس از تشکیل این ماتریس با حل معادله‌ی زیر مقادیر پتانسیل بر روی گره‌ها معلوم می‌گردد.

$$I = \Gamma E \quad (۹-۴)$$

در رابطه‌ی فوق بردار I معلوم و بردار E مجهول می‌باشند. درایه‌های بردار I برابر با صفر بوده مگر اینکه آن درایه (گره) محل تزریق جریان باشد. از اینرو با توجه به اینکه معمولاً نقاط تزریق به نسبت خیلی کمتر از کل گره‌های موجود روی یک شبکه می‌باشند، اکثر درایه‌های بردار جریان نیز برابر با صفر می‌شود. شایان ذکر است که علامت جریان تزریقی می‌بایست منفی لحاظ گردد. همچنین پتانسیلی که از حل معادله‌ی (۹-۴) حاصل می‌شود برابر با تغییر پتانسیل ناشی از جریان اعمالی می‌باشد. این مقدار می‌بایست با مقدار پتانسیلی که هر یک از گره‌ها قبل از اعمال جریان در

الکترولیت داشته (E_{0i}) جمع شده و مجموع این دو پتانسیل به‌عنوان پتانسیل نهایی لحاظ گردد. مباحث مربوط به رساندن پتانسیل گره‌ها به $-0/85$ ولت مربوط به این پتانسیل نهایی بوده و تا زمان رسیدن پتانسیل مجموع به این حد مجاز می‌بایست روی مقدار و محل تزریق جریان تغییر صورت گیرد.

۲.۱.۴ ماتریس مقاومت

ماتریس مقاومت‌ها، با توجه به رابطه (۴-۶) برابر با معکوس ماتریس ضرایب هدایت می‌باشد، به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت،

$$R = \Gamma^{-1} \rightarrow E = RI \quad (۴-۱۰)$$

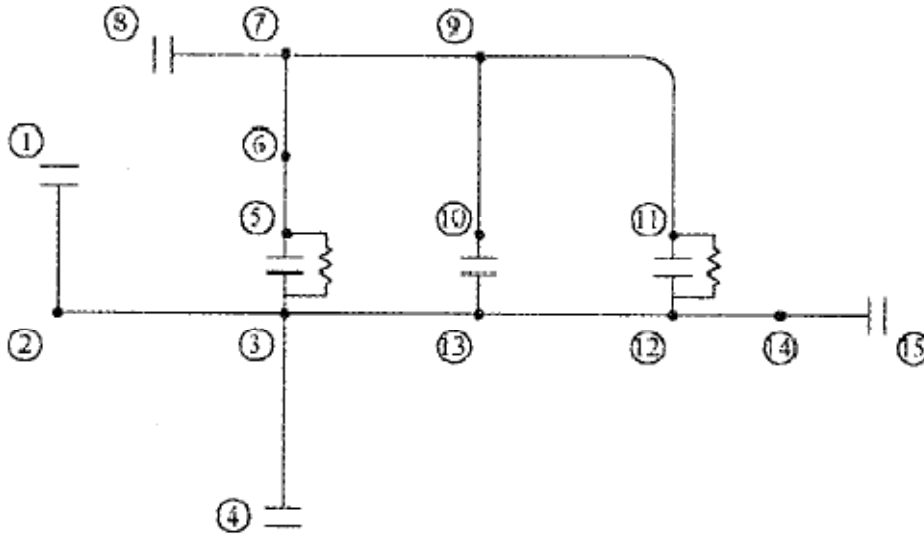
ماتریس مقاومت‌ها را به‌شکل مستقیم نیز می‌توان تشکیل داد. تولید این ماتریس به‌سهولت ماتریس ضرایب هدایت نمی‌باشد و جزییات تشکیل آن در منابع مربوطه ارائه شده‌است [۳]. در رابطه‌ی فوق نیز مانند قبل بردار جریان معلوم و بردار پتانسیل مجهول می‌باشد. با توجه به اینکه اکثر درایه‌های بردار جریان صفر می‌باشند، محاسبه‌ی پتانسیل براحتی انجام می‌گیرد. البته شایان ذکر است که در ماتریس مقاومت‌ها بر خلاف ماتریس ضرایب هدایت، تمامی درایه‌ها مقدار مخالف صفر داشته و ماتریس شلوغی می‌باشد. البته این ماتریس همچنان مقارن حاصل می‌شود. طبق رابطه (۴-۱۰) هر درایه‌ی R_{ik} دارای مفهوم فیزیکی می‌باشد. به عبارتی R_{ik} نشان‌دهنده‌ی $\frac{\partial E_i}{\partial I_k}$ (یا $\frac{\Delta E_i}{\Delta I_k}$) با توجه به خطی کردن رابطه) بوده و تغییر پتانسیل در گره‌ی i را نسبت به جریان اعمال شده در گره‌ی k نشان می‌دهد. بر این اساس درایه‌های ماتریس مقاومت نشانگر حساسیت گره‌ها به تغییرات جریان بوده و از اینرو در انتخاب محل مناسب اعمال جریان کمک شایانی به طراح می‌نماید.

با تعیین ماتریس مقاومت و بردار جریان، پتانسیل گره‌ها محاسبه می‌شود. همانگونه که اشاره شد استفاده از ماتریس مقاومت دید فیزیکی بهتری نسبت به ماتریس ضرایب هدایت، ایجاد می‌کند. با توجه به سهولت در تولید ماتریس ضرایب هدایت، در ادامه ابتدا این ماتریس تولید و با معکوس‌گیری ماتریس مقاومت تشکیل شده و برای نمونه طراحی یک سیستم حفاظت کاتدیک بر اساس این ماتریس ارائه می‌شود.

۲.۴ تحلیل شبکه

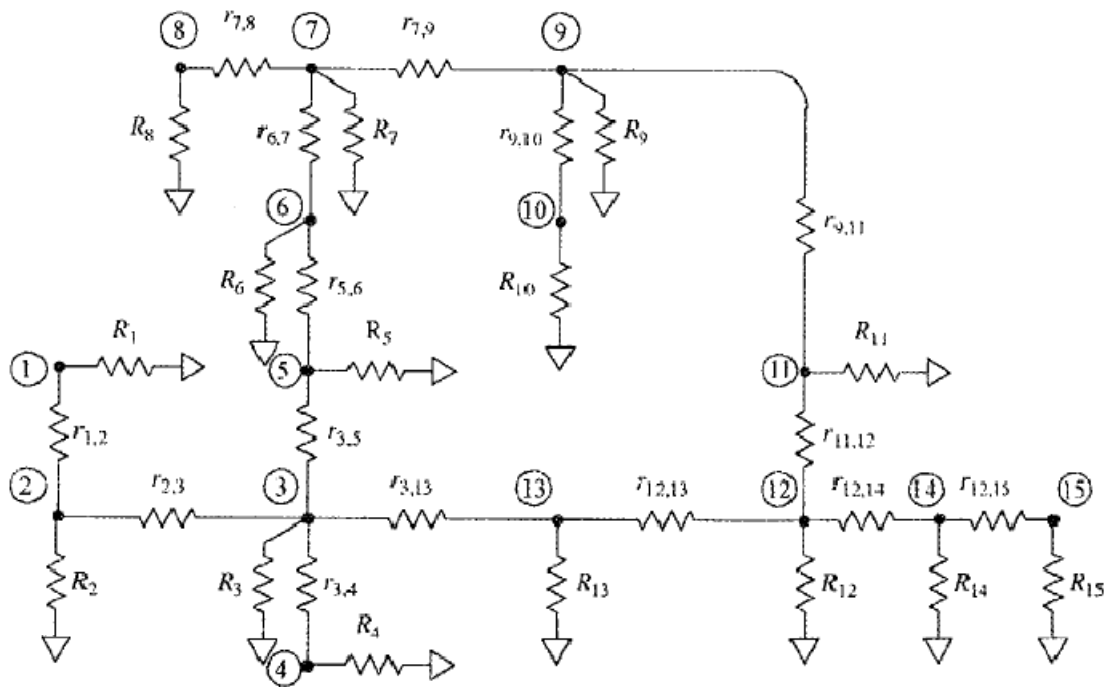
شماتیکی از یک شبکه خطوط لوله در شکل ۴.۴ ارائه شده‌است. مطابق شکل شبکه با تعداد کل ۱۵ گره مدل شده‌است. گره‌های ۲، ۶ و ۱۴ گره‌های مجازی و بقیه گره‌ها، گره‌های حقیقی بوده که نقاط

۱، ۴، ۸ و ۱۵ نقاط عایق شبکه می‌باشند. اتصال عایقی بین گره‌های ۳ و ۵ و همچنین گره‌های ۱۱ و ۱۲ با یک مقاومت نیم اهمی بای پس شده‌است.



شکل ۳.۴: یک شبکه خط لوله همراه با گره‌های حقیقی و مجازی

مدار معادل شبکه فوق در شکل زیر ارائه شده‌است.



شکل ۴.۴: مدار معادل شبکه خط لوله

مقادیر مقاومت‌ها همانگونه که اشاره شد، معلوم می‌باشد و در جدول زیر ارائه شده‌است [۱].

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 341 & 318 & 247 & 237 & 156 & 149 & 129 & 125 & 127 & 121 & 144 & 208 & 227 & 205 & 204 \\ 318 & 319 & 248 & 237 & 156 & 150 & 129 & 125 & 127 & 121 & 144 & 208 & 228 & 206 & 205 \\ 247 & 248 & 261 & 250 & 164 & 158 & 136 & 132 & 134 & 127 & 152 & 219 & 240 & 216 & 215 \\ 237 & 237 & 250 & 592 & 158 & 151 & 130 & 126 & 128 & 122 & 145 & 210 & 230 & 207 & 207 \\ 156 & 156 & 164 & 158 & 349 & 327 & 239 & 232 & 225 & 213 & 189 & 154 & 158 & 152 & 151 \\ 149 & 150 & 158 & 151 & 327 & 340 & 247 & 240 & 232 & 220 & 192 & 150 & 152 & 148 & 147 \\ 129 & 129 & 136 & 130 & 239 & 247 & 306 & 297 & 284 & 270 & 223 & 138 & 135 & 137 & 136 \\ 125 & 125 & 132 & 126 & 232 & 240 & 297 & 584 & 276 & 262 & 216 & 134 & 131 & 133 & 132 \\ 127 & 127 & 134 & 128 & 225 & 232 & 284 & 276 & 304 & 289 & 236 & 139 & 134 & 138 & 137 \\ 121 & 121 & 127 & 122 & 213 & 220 & 270 & 262 & 289 & 525 & 224 & 132 & 128 & 131 & 130 \\ 144 & 144 & 152 & 145 & 189 & 192 & 223 & 216 & 236 & 224 & 354 & 172 & 158 & 170 & 170 \\ 208 & 208 & 219 & 210 & 154 & 150 & 138 & 134 & 139 & 132 & 172 & 276 & 240 & 273 & 271 \\ 227 & 228 & 240 & 230 & 158 & 152 & 135 & 131 & 134 & 128 & 158 & 240 & 264 & 237 & 236 \\ 205 & 206 & 216 & 207 & 152 & 148 & 137 & 133 & 138 & 131 & 170 & 273 & 237 & 299 & 298 \\ 204 & 205 & 215 & 207 & 151 & 147 & 136 & 132 & 137 & 130 & 170 & 21 & 236 & 298 & 329 \end{bmatrix}$$

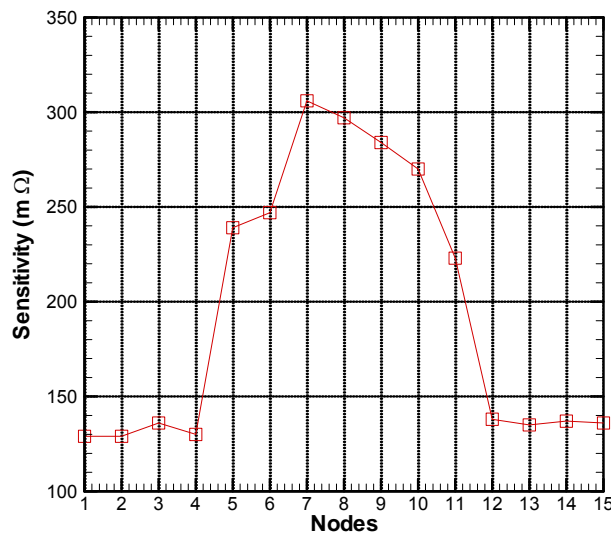
شکل ۶.۴: ماتریس ضرایب مقاومت ($m\Omega$)

۱.۲.۴ تعیین میزان جریان لازم برای محافظت (یک نقطه تزریق)

حال چنانچه تغییر پتانسیل تمامی گره‌ها به میزان حداقل 300 میلی‌ولت مطلوب باشد و محل تزریق جریان گره 7 اعلام شود، می‌بایست میزان جریان اعمالی محاسبه گردد. این میزان تغییر جهت رساندن پتانسیل همه‌ی گره‌ها به پتانسیل مطلوب 850 میلی‌ولت می‌باشد.

برای تعیین جریان لازم از ماتریس مقاومت‌ها استفاده می‌شود. همانگونه که در پیش اشاره شد، ستون (7) این ماتریس بیانگر تغییر پتانسیل دیگر گره‌ها نسبت به تغییر جریان روی این گره می‌باشد. بدین منظور ترسیم نمودار حساسیت گره‌ها به تغییر جریان روی گره 7 کمک

شایانی به روند طراحی می‌کند. این نمودار در شکل ۷.۴ ارائه شده است.



شکل ۷.۴: میزان حساسیت گره‌ها به گره‌ی 7 (ستون 7 ماتریس مقاومت)

با توجه به نمودار فوق مشاهده می‌شود گره‌ی ۱ و ۲ حداقل حساسیت را نسبت به تغییر جریان در گره‌ی ۷ داشته و از اینرو به منظور تغییر حداقل ۳۰۰- میلی‌ولت در پتانسیل گره‌ها، نقاط بحرانی دو گره‌ی مذکور بوده و می‌بایست جریان لازم برای تغییر ۳۰۰- میلی‌ولت برای این گره‌ها تعیین شود. با تعیین و تزریق این جریان بقیه‌ی گره‌ها به‌طور خودکار تغییری بیشتر و یا برابر با ۳۰۰- میلی‌ولت را خواهند داشت. از اینرو جریان لازم برابر است با،

$$I_V = \frac{\Delta E}{R_{1,V}} = \frac{300}{129} = 2/33A \quad (11-4)$$

مقادیر پتانسیل و جریان منفی بوده و این علامت جهت سهولت حذف شده‌است. با اعمال این جریان به معادلات و حل معادله (۴-۱۰) مقادیر تغییر پتانسیل در گره‌ها ناشی از این جریان مطابق با ذیل محاسبه می‌شود.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	(۱۲-۴)
۳۰۰	۳۰۰	۳۱۶	۳۰۳	۵۵۸	۵۷۶	۷۱۴	۶۹۳	۶۶۳	۶۲۹	۵۱۹	۳۲۲	۳۱۵	۳۱۸	۳۱۷	

برای محاسبه‌ی پتانسیل‌ها به کمک ماتریس ضریب هدایت، ابتدا می‌بایست یک جریان اولیه حدس زده شده و به‌کمک روند تکرار مقادیر پتانسیل تا رسیدن به مقدار مطلوب محاسبه شوند. از اینرو مشاهده می‌گردد که ماتریس مقاومت‌ها ابزاری بسیار کاربردی در حل و طراحی مسائل مرتبط با حفاظت کاتدیک می‌باشد.

۲.۲.۴ بهینه‌سازی محل تزریق جریان (یک نقطه تزریق)

به‌منظور بهینه‌سازی میزان جریان تزریقی و به حداقل رساندن آن به راحتی با کمک ماتریس مقاومت‌ها می‌توان محل تزریق جریان حداقل را تعیین نمود. بدین منظور ابتدا نقاط بحرانی هر سطر (ستون) را می‌بایست مشخص نمود. هر کدام از $R_{i,k}$ های یافت شده بیانگر این می‌باشند که چنانچه محل تزریق روی گره‌ی i باشد، میزان جریان از تقسیم پتانسیل مطلوب بر آن $R_{i,k}$ حاصل می‌شود. از اینرو هر چه مقدار $R_{i,k}$ بیشتر باشد، میزان جریان کمتری برای محافظت کل شبکه مورد نیاز است. طبق این اصل، پس از تعیین کمترین مقدار R در هر سطر یا ستون، با انتخاب مقدار بیشینه‌ی این مقادیر می‌توان جریان لازم را به حداقل رساند. به عنوان مثال چنانچه جریان در نقطه‌ی ۱ تزریق شود، نقطه بحرانی گره‌ی ۱۰ با $R_{1,1} = 121m\Omega$ می‌باشد. برای گره‌ی ۲ نیز نقطه‌ی بحرانی گره‌ی ۱۰ با $R_{1,3} = 127m\Omega$ می‌باشد. این نقطه برای گره‌ی ۳ نیز گره‌ی ۱۰ با $R_{1,3} = 127m\Omega$ بوده و برای گره‌ی ۴، نقطه‌ی بحرانی برابر با گره‌ی ۱۰ با $R_{1,4} = 122m\Omega$ می‌باشد. به همین ترتیب با پیدا کردن

این نقاط بحرانی در هر ستون مشاهده می‌گردد که بیشینه‌ی این مقادیر بحرانی برابر با $R_{15,5} = 151 m\Omega$ می‌باشد. با فرض مسئله قبل و تغییر پتانسیل به اندازه ۳۰۰- میلی‌ولت، با فرض تزریق جریان در گره‌ی ۵، میزان جریان برابر است با،

$$I_{\Delta} = \frac{\Delta E}{R_{15,5}} = \frac{300}{151} = 1.98 A \quad (13-4)$$

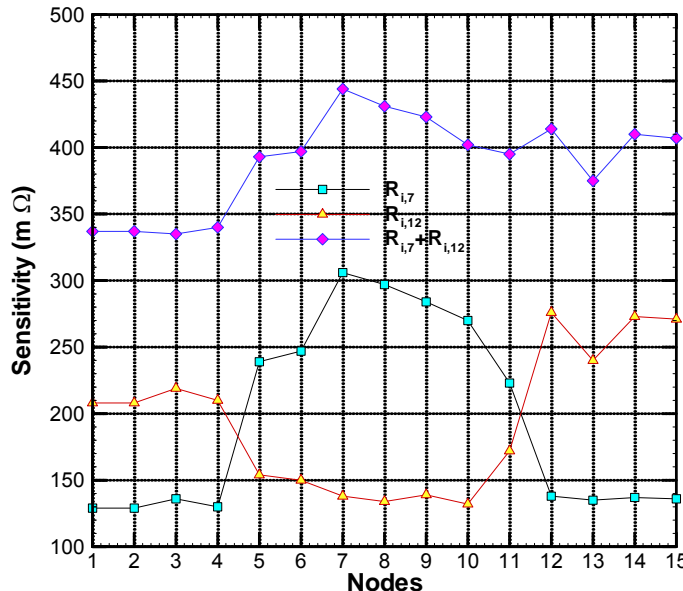
حل معادله‌ی (۴-۱۰) با این جریان جدید، توزیع پتانسیل جدید را به شکل زیر ارائه می‌کند.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}
۳۰۸	۳۰۹	۳۲۵	۳۱۲	۶۹۲	۶۴۸	۴۷۴	۴۶۰	۴۴۵	۴۲۲	۳۷۵	۳۰۵	۳۱۲	۳۰۱	۳۰۰

(۱۴-۴)

۳.۲.۴ تعیین میزان جریان لازم برای محافظت (دو یا بیشتر نقطه تزریق)

کارایی ماتریس مقاومت برای تعیین جریان حفاظتی هنگامی که جریان از چند نقطه‌ی مختلف تزریق می‌شود، بیش از پیش نمود پیدا می‌کند. به عنوان مثال فرض شود که جریان می‌بایست از دو گره‌ی ۷ و ۱۲ تزریق گردد تا پتانسیل را به همان میزان در مسائل قبل تغییر دهد. با فرض برابری جریان تزریقی در دو گره، می‌بایست نقطه‌ی حساسیت کمینه برای ترکیب این دو جریان معلوم گردد. بدین منظور با ترسیم نمودار حساسیت برای هر گره و ترکیب این نمودار برای دو گره ۷ و ۱۲، می‌توان گره‌ی بحرانی حالت ترکیبی را تعیین نمود. برای این منظور از نمودار زیر استفاده می‌شود.



شکل ۸.۴: میزان حساسیت گره‌ها به گره‌ی ۷ و گره‌ی ۱۲ به صورت مجزا و ترکیبی

مطابق با شکل فوق مشاهده می‌گردد که در حالت ترکیبی نیز گره‌های ۱ و ۲ حالت بحرانی را داشته و طراحی می‌بایست بر اساس آنها شکل گیرد. بر این اساس مقاومت معادل برابر است با،

$$R_{1,v} + R_{1,12} = R_{r,v} + R_{r,12} = 337 \Omega m \quad (15-4)$$

طبق معادله (۴-۱۰) میزان پتانسیل در نقطه‌ی ۱ برابر است با،

$$E_1 = R_{1,v} I_v + R_{1,12} I_{12} \quad (16-4)$$

با فرض برابری جریان‌های تزریقی در گره‌ی ۷ و ۱۲ می‌توان نتیجه گرفت،

$$I_v = I_{12} = \frac{300}{337} = 0.891 \quad (17-4)$$

مقادیر جریان فوق، توزیع پتانسیل زیر را نتیجه می‌دهد.

E_1	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}	E_{20}	E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	E_{25}	E_{26}	E_{27}	E_{28}	E_{29}	E_{30}		
۳۰۰	۳۰۰	۳۱۶	۳۰۳	۳۵۰	۳۵۴	۳۹۶	۳۸۵	۳۷۷	۳۵۹	۳۵۲	۳۶۹	۳۳۴	۳۶۵	۳۶۳												

(18-4)

جریان محاسبه شده و جواب‌های فوق تنها یکی از حالت‌های ممکن را شامل شده و حالت‌های بیشمار دیگری نیز می‌توان لحاظ نمود. از آنجا که هدف طراحی یک سیستم با شرایط بهینه و جریان کمتر برای محافظت می‌باشد، حالت‌های دیگر نیز می‌بایست مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. حال با فرض کاهش جریان لازم با شرط حفظ پتانسیل مطلوب، می‌بایست جریان‌های جدید محاسبه شوند. در قسمت قبل جریان‌ها با هم یکسان در نظر گرفته شدند، برای بهینه کردن جریان این فرض مناسبی نمی‌باشد. جریان‌ها بایست به نحوی تغییر کنند که شرط زیر برقرار شود.

$$R_{1,v} \Delta I_v + R_{1,12} \Delta I_{12} = 0 \quad (19-4)$$

و یا به عبارتی،

$$\frac{\Delta I_v}{\Delta I_{12}} = -\frac{R_{1,12}}{R_{1,v}} = -1/61 \quad (20-4)$$

با استفاده از این نسبت با کاهش جریان I_v و افزایش I_{12} همراه با ارضای شرط فوق می‌توان پتانسیل را ثابت و جریان را کمینه نمود. برای حالت فوق جریان بهینه برابر است با،

$$\begin{aligned} I_v &= 0.585 \\ I_{12} &= 1.081 \end{aligned} \quad (21-4)$$

به کمک این جریان جدید، توزیع پتانسیل مطابق با زیر نتیجه می‌شود. انتهای محاسبات با کاهش پتانسیل در گره‌ها به زیر پتانسیل مطلوب تعیین می‌گردد.

$$\begin{array}{cccccccccccccccc}
 E_1 & E_2 & E_3 & E_4 & E_5 & E_6 & E_7 & E_8 & E_9 & E_{10} & E_{11} & E_{12} & E_{13} & E_{14} & E_{15} & & (22-4) \\
 300 & 300 & 316 & 303 & 306 & 306 & 329 & 319 & 317 & 301 & 317 & 379 & 339 & 375 & 373 & &
 \end{array}$$

۴.۲.۴ نتیجه‌گیری

با توجه به بخش‌های قبل مشاهده می‌شود اعمال این روش ماتریسی و مدار معادل کمک شایانی در تحلیل رفتار شبکه داشته و ابزاری کارآمد در اختیار کاربر قرار می‌دهد. اعمال روش و حل معادلات پیچیدگی‌های روش‌های سابق را نداشته و روند حل همراه با یک دید فیزیکی همراه می‌باشد. البته روش فوق می‌بایست برای لحاظ نمودن شرایط جریان‌های سرگردان و نیز شرایط مرزی غیر خطی به‌روز رسانی شود.

۳.۴ مقایسه‌ی بین روش BEM^۱ و روش ECM^۲ در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک

یکی از راه‌کارهای متداول در حفاظت از سازه‌های فولادی در مقابل زنگ‌زدگی و خوردگی گالوانیکی استفاده از روش حفاظت کاتدیک می‌باشد. با توجه به پیچیدگی‌های مسئله و لزوم طراحی بهینه‌ی سیستم‌های حفاظت کاتدیک استفاده از حل‌ها و مدل‌سازی‌های عددی به‌شدت احساس می‌شود. از اینرو در دو دهی اخیر تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته‌است [۴-۷]. در کشور نیز با توجه به اهمیت موضوع در چند سال اخیر اقداماتی در زمینه مدل‌سازی عددی سیستم‌های حفاظت کاتدیک انجام شده‌است [۸-۱۲]. با مروری بر فعالیت‌های انجام گرفته در این زمینه می‌توان دریافت که روش عددی المان‌مرزی از دقت و کارایی بالایی در زمینه مدل‌سازی عددی CP برخوردار می‌باشد [۴-۱۲]. این امر ناشی از قابلیت انعطاف‌پذیری و سهولت تعمیم بسیار زیاد این روش برای حل انواع مسائل مربوط به مدل‌سازی CP است.

در این بخش هدف بررسی کارایی روشی دیگر در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک در مقایسه با روش المان‌مرزی می‌باشد. این روش که در اینجا با عنوان روش مدار معادل نام‌گذاری شده، بر پایه استفاده از قوانین اهم و به کمک ساده‌سازی مسئله و استفاده از یک سری مقاومت‌های سری و موازی به تحلیل و مدل‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک می‌پردازد. در ادامه با مروری مختصر بر روند حل به کمک روش BEM، روش ECM نیز معرفی شده و با حل یک مسئله نمونه به کمک هر دو روش نتایج آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

¹ Boundary Element Method

² Equivalent Circuit Method

۱.۳.۴ معادلات حاکم

معادله‌ی حاکم بر پدیده‌ی خوردگی الکتروشیمیایی همان معادله‌ی لاپلاس مطابق با رابطه‌ی زیر می‌باشد.

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (۲۳-۴)$$

معادله فوق معادله حاکم بر میدان محاسباتی است. ϕ برابر با پتانسیل درون این ناحیه بوده و میدان محاسباتی مشتمل بر محیط الکترولیتی که آند و کاتد در آن غوطه‌ورند، می‌باشد. مرزهای این میدان همان سطح آند و کاتد است. به‌منظور حل به‌کمک روش المان‌مرزی می‌بایست شرایط مرزی متناسب با مسئله تعریف شوند. این شرایط مرزی می‌تواند مقدار جریان، پتانسیل و یا رابطه‌ی بین این دو در این مرزها باشد. پیچیده‌ترین حالت در تعریف شرایط مرزی استفاده از رابطه‌ی غیرخطی بین جریان و پتانسیل روی مرزهاست که توسط منحنی پلاریزاسیون خوردگی فلز آند و کاتد بدست می‌آید. نمونه‌ای از این شرط مرزی برای فولاد کم‌کربن (کاتد) در الکترولیت خاک به شکل زیر تعریف می‌شود. در رابطه‌ی ذیل i جریان بر حسب $\mu A/cm^2$ و ϕ پتانسیل بر حسب mV می‌باشند.

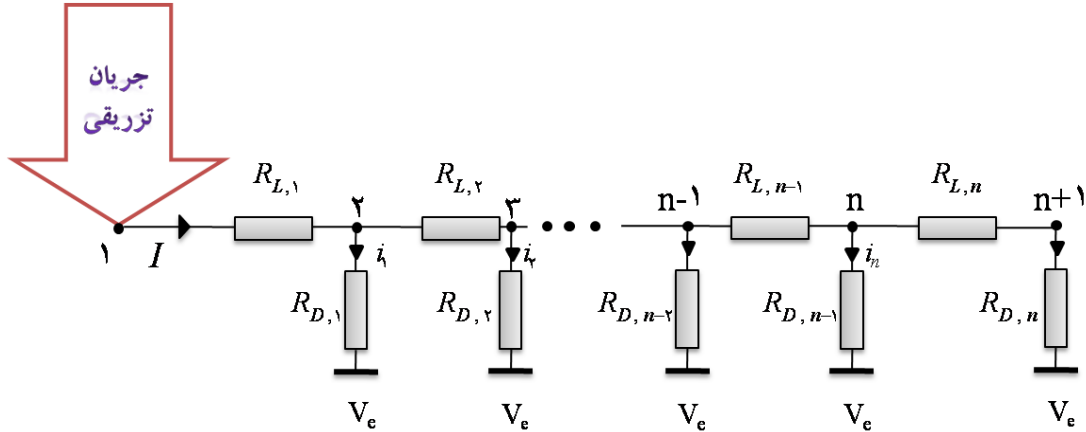
$$i = e^{(\phi+522)/25623} - \left(1 + e^{(\phi+172)/26492}\right)^{-1} - e^{-(\phi+942)/57328} \quad (۲۴-۴)$$

شرط مرزی روی آند را نیز می‌توان به‌کمک رابطه‌ی غیرخطی منحنی پلاریزاسیون و یا از شرط پتانسیل ثابت (در روش آند فداشونده) یا شرط جریان ثابت (در روش جریان اعمالی) تعیین نمود. عموم روش‌های عددی نیاز به تولید شبکه در ناحیه‌ی محاسباتی خواهند داشت. از طرف دیگر در سیستم‌های حفاظت کاتدیک تنها مقادیر جریان و پتانسیل روی سازه اهمیت داشته و اطلاع از پتانسیل و جریان در کل ناحیه محاسباتی ضرورت چندانی ندارد. بدین منظور به‌کمک روش المان‌مرزی و با استفاده از قابلیت این روش، تولید شبکه تنها به مرزهای ناحیه‌ی محاسباتی محدود می‌شود. در نهایت نیز پس از تولید شبکه روی مرزها (آند و کاتد) با توجه به شرط مرزی غیرخطی روی کاتد، مجهولات مسئله به‌کمک یک حلقه تکرار مشخص خواهند شد. روش حل مسئله به‌کمک روش المان‌مرزی و شرایط مرزی مختلف به تفصیل در منابع موجود [۸ و ۹] در دسترس می‌باشد.

۲.۳.۴ روش مدار معادل (ECM)

یکی دیگر از روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک استفاده از ECM می‌باشد. در این روش لوله به عنوان یک هادی جریان بوده که در مقاطع مختلف جریان از آن خارج می‌گردد. طول لوله به چندین قسمت دلخواه (L_i) تقسیم می‌شود. این قسمت‌ها به صورت مقاومت‌های سری در طول لوله قرار می‌گیرند. در هر قسمت از لوله شارژ خروجی جریان وجود دارد که ناشی از عدم

وجود روکش، خرابی آن و یا عدم مقاومت کافی روکش در برابر خروج جریان می‌باشد. مقاومت‌های موجود بر سر این جریان مشتمل بر مقاومت روکش، مقاومت پلاریزاسیون و مقاومت خاک است. شماتیک نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌ها در شکل ۹.۴ ارائه شده‌است.



الکترولیت

شکل ۹.۴: نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌ها در طول لوله و در اتصال آنها به الکترولیت

در شکل فوق $R_{L,i}$ برابر با مقاومت طولی در هر بخش و $R_{D,i}$ برابر با مقاومت در برابر خروج جریان از لوله می‌باشد. طبق قانون اهم، رابطه‌ی افت ولتاژ بین نقطه‌ی ۱ و الکترولیت عبارت است از،

$$V_1 - IR_{L,1} - i_1 R_{D,1} = V_e \quad (۲۵-۴)$$

این رابطه را به شکل دیگری مانند زیر نیز می‌توان نوشت،

$$V_1 - IR_{L,1} - (I - i_1)R_{L,2} - i_2 R_{D,2} = V_e \quad (۲۶-۴)$$

حال شکل کلی رابطه‌ی فوق را میتوان به صورت رابطه زیر ارائه کرد،

$$V_1 - V_e = I \sum_{j=1}^m R_{L,j} - \sum_{j=1}^{m-1} i_j \sum_{k=j+1}^m R_{L,k} + i_m R_{D,m} \quad (۲۷-۴)$$

با توجه به روابط فوق در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که

$$IR_{L,1} + i_1 R_{D,1} = +IR_{L,1} + (I - i_1)R_{L,2} + i_2 R_{D,2} = I \sum_{j=1}^m R_{L,j} - \sum_{j=1}^{m-1} i_j \sum_{k=j+1}^m R_{L,k} + i_m R_{D,m} = V_1 - V_e \quad (۲۸-۴)$$

با توجه به روابط فوق در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که،

$$I = \sum_{j=1}^n i_j \quad (۲۹-۴)$$

با معلوم بودن جریان ورودی و مقدار مقاومت‌ها معادلات فوق حل شده و مقدار جریان خروجی در هر مسیر مشخص می‌شود. همانگونه که اشاره شد مقاومت‌های مدار معادل را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود.

• مقاومت در برابر عبور جریان در راستای طول لوله ($R_{L,i}$)

• مقاومت در برابر خروج جریان از محیط لوله $R_{D,i}$

مقاومت‌های طولی را به کمک رابطه‌ی ذیل می‌توان محاسبه نمود.

$$R_{L,i} = \frac{\rho_i L_i}{S_i} \quad (۳۰-۴)$$

در رابطه فوق L_i برابر با طول هر بخش از لوله (در اختیار کاربر)، ρ_i برابر با مقاومت ویژه لوله و S_i برابر با سطح مقطع عرضی ضخامت لوله می‌باشد. مقاومت خروج جریان خود از ترکیب سه مقاومت خاک همراه با مقاومت پوشش و مقاومت پلاریزاسیون ناشی می‌شود. مقاوم خاک طبق رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود [۱۰].

$$R_{soil,i} = \frac{\rho_{soil}}{2\pi L_i} \ln \frac{L_i}{hd} \quad (۳۱-۴)$$

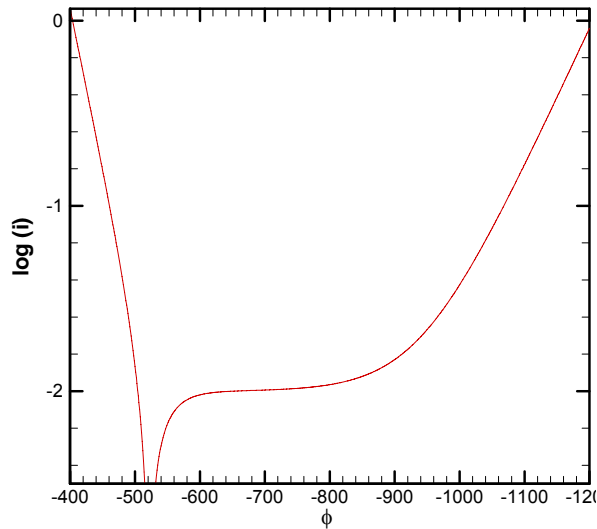
در رابطه فوق L_i برابر با طول هر بخش از لوله (در اختیار کاربر)، ρ_{soil} برابر با مقاومت ویژه خاک، d قطر لوله و h عمق قرارگیری لوله می‌باشد. مقاومت پوشش را نیز می‌توان به شکل زیر تعیین کرد [۱۰].

$$R_{por,i} = \frac{R_{ins,i}}{S_{out,i}} \quad (۳۲-۴)$$

$R_{ins,i}$ برابر با مقاومت پوشش بوده و $S_{out,i}$ برابر با سطح خارجی لوله می‌باشد. مقاومت پلاریزاسیون نیز به شکل زیر بدست می‌آید [۱۰].

$$R_{pol,i} = \left(\frac{\partial E}{\partial i} \right)_i / S_{ins,i} \quad (۳۳-۴)$$

برای محاسبه‌ی $\left(\frac{\partial E}{\partial i} \right)_i$ می‌بایست از رابطه‌ی (۲۴-۴) استفاده نمود. با توجه به رابطه‌ی (۲۴-۴) مشاهده می‌شود که رابطه‌ی غیرخطی بین جریان و پتانسیل امکان محاسبه‌ی مقاومت پلاریزاسیون را به طور مستقل نمی‌دهد. برای رفع این مشکل و ایجاد سهولت در حل می‌توان تنها شیب بخشی از نمودار پلاریزاسیون (شکل ۱۰.۴) را لحاظ نمود و یا با استفاده از روند تکرار در هر مرحله شیب مربوط به هر بخش را محاسبه و از آن استفاده کرد.



شکل ۱۰.۴: منحنی پلاریزاسیون

در رابطه (۴-۳۳) مقدار $S_{ins,i}$ برابر با بخشی از سطح خارجی لوله می‌باشد که بدون روکش مانده و یا روکش آن معیوب می‌باشد.

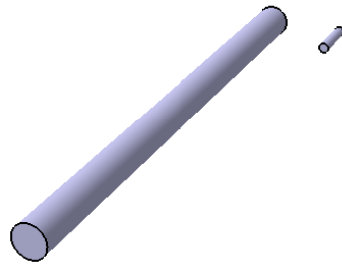
۳.۳.۴ نتایج

در این قسمت سیستم حفاظت کاتدیک یک خط لوله نمونه به کمک هر دو روش مدل‌سازی شده و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعات مربوط به این خط در جدول زیر ارائه شده‌است.

جدول ۲.۴: اطلاعات مربوط به خط لوله مورد حفاظت

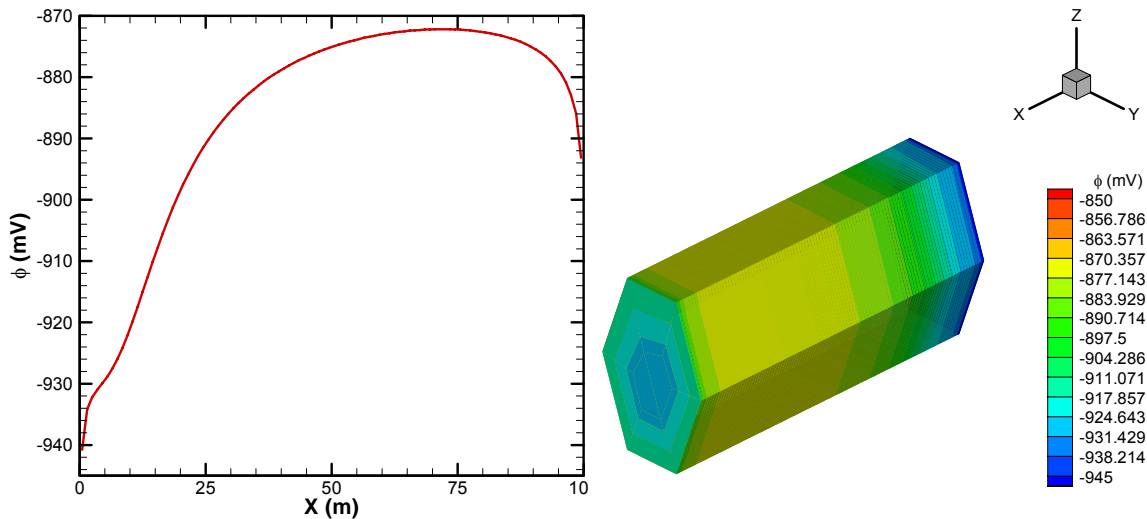
طول خط لوله	۱۰۰ متر
طول آند	۱۰ متر
فاصله‌ی ابتدای آند تا ابتدای لوله	۱۰ متر
موقعیت قرار گیری آند	موازی با لوله
قطر لوله	۳۰۰ میلی‌متر
طول هر بخش از لوله L_i	۱ متر
الکترولیت	خاک
مقاومت ویژه خاک	۱۰۰۰ اهم.سانتی‌متر
مقاوت ویژه لوله	۷۲۰ نانو اهم. متر

لوله بدون روکش بوده و ابتدا و انتهای آن عایق فرض شده‌است. شماتیکی از نحوه قرارگیری لوله و آند در شکل ارائه شده‌است.



شکل ۱۱.۴: شماتیکی از نحوه قرارگیری آند و خط لوله

با فرض استفاده از روش جریان اعمالی نتایج حاصل از مدل‌سازی خط لوله‌ای با مشخصات ارائه شده در جدول به کمک روش المان‌مرزی در شکل ۱۱.۴ و شکل ۱۲.۴ ارائه شده است.



شکل ۱۱.۴: تغییرات پتانسیل در سطح لوله

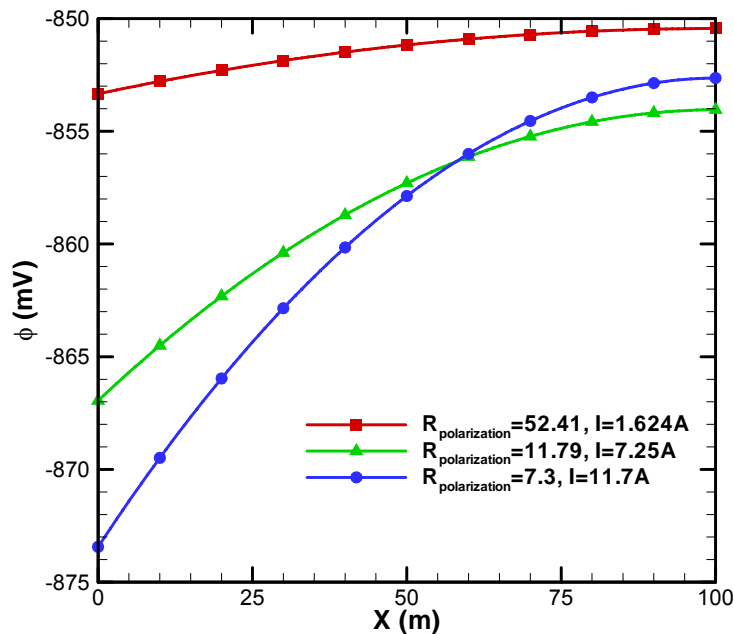
شکل ۱۲.۴: تغییرات پتانسیل در راستای محور لوله

جریان لازم برای حفاظت لوله به کمک یک روند تکرار مشخص شده و این جریان در نهایت برابر با مقدار $1/36$ آمپر بدست آمده است. برای استفاده از روش ECM نیز همانگونه که در قسمت قبل تشریح شد ابتدا می‌بایست مقاومت‌ها مشخص شوند. با فرض لخت بودن لوله مقاومت طولی و مقاومت خاک به کمک اطلاعات موجود در جدول براحتی تعیین می‌شوند. برای تعیین مقاومت پلاریزاسیون همانگونه که در پیش اشاره شد می‌توان شیب تنها بخشی از نمودار پلاریزاسیون را در معادله استفاده نمود و یا از روند تکرار و تصحیح شیب بهره‌گرفت. با فرض استفاده از شیب تنها یک بخش از نمودار پلاریزاسیون، مقاومت‌های متناظر در حالات مختلف در جدول ۳.۴ ارائه شده است.

جدول ۳.۴: مقاومت‌های متناظر با شیب نمودار پلاریزاسیون

مقدار مقاومت پلاریزاسیون متناظر	محاسبه‌ی شیب در بازه‌ی پتانسیل
۷/۳۰۰۴ اهم	-۵۲۰ تا -۱۰۴۰
۱۱/۷۹ اهم	-۵۲۰ تا -۱۰۰۰
۵۲/۴۱ اهم	-۵۶۰ تا -۸۸۰

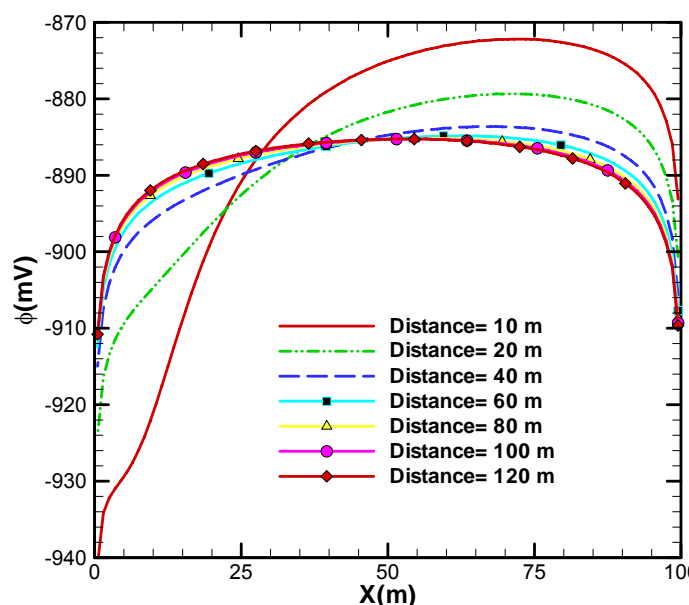
توزیع پتانسیل در طول لوله و جریان لازم برای حفاظت آن به ازای مقاومت‌های ارائه شده در جدول فوق در شکل ۱۳.۴ ارائه شده‌است. جریان در ابتدای خط ($X=0$) تزریق شده‌است.



شکل ۱۳.۴: توزیع پتانسیل در طول لوله به ازای مقاومت‌های مختلف پلاریزاسیون

با توجه به شکل ۱۳.۴ مشاهده می‌گردد که انتخاب شیب مناسب و به عبارتی مقاومت پلاریزاسیون تاثیر چشمگیری در میزان جریان لازم جهت حفاظت خواهد داشت. به طوریکه گاه مقدار جریان لازم را تا ۱۰ برابر کاهش یا افزایش می‌دهد. از اینرو این روش شدیداً به فرآیند خطی‌سازی منحنی پلاریزاسیون وابسته می‌باشد. هر چه شیب نمودار در بازه‌ی کوتاه‌تری لحاظ شود، مقدار جریان کمتر می‌شود. نتایج شکل ۱۳.۴ نشانگر اینست که جریان لازم برای حفاظت لوله مطابق با حالت سوم جدول ۳.۴ تقریباً با جریان محاسبه شده توسط روش BEM برابر می‌باشد. در روش المان‌مرزی اثر فاصله‌ی آند تا کاتد در توزیع پتانسیل را می‌توان بررسی نمود. با توجه به شکل ۹.۴ در

روش ECM الکترولیت اطراف لوله دارای پتانسیل یکسان در سرتاسر لوله می‌باشد. این پدیده تنها با فرض فاصله‌ی بسیار زیاد آند و کاتد ممکن است. اثر فاصله در توزیع پتانسیل روی کاتد که به کمک روش المان‌مرزی محاسبه شده در شکل ۱۴.۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۴.۴: توزیع پتانسیل در طول لوله به ازای فواصل مختلف آند از خط لوله

مطابق با شکل فوق افزایش فاصله‌ی آند و خط لوله به بیش از ۸۰ متر تاثیر چندانی در توزیع پتانسیل خط ندارد. از اینرو در فواصل بیش‌تر از ۸۰ متر پتانسیل خاک در اطراف لوله یکسان بوده و می‌توان روش ECM را برای مسائلی با این شرط مورد استفاده قرار داد. با توجه به شکل ۱۳.۴ و شکل ۱۴.۴ می‌توان به این نتیجه رسید که حتی با ارضای شرط فاصله‌ی زیاد آندها تا کاتد هر یک از دو روش توزیع پتانسیل متفاوتی را روی کاتد نتیجه می‌دهند. علاوه بر موارد فوق با کمی دقت در شکل ۱۴.۴ مشاهده می‌گردد که افزایش فاصله آند تا کاتد در این مسئله خاص باعث افزایش یکنواختی توزیع پتانسیل در خط لوله شده و حالت تقارن توزیع پتانسیل را در حالت فواصل بسیار دور ایجاد می‌نماید. همچنین با توجه به شکل مذکور مشاهده می‌گردد افزایش فاصله همانگونه که انتظار می‌رود باعث افزایش مقدار کمینه پتانسیل روی خط می‌شود. به عکس این افزایش فاصله سبب کاهش مقدار بیشینه پتانسیل شده که این حرکت در جهت مطلوب می‌باشد. به عنوان مثال برای فاصله‌ی ۱۰ متر بحرانی‌ترین نقطه دارای پتانسیلی در حدود -۸۷۵ میلی‌ولت بوده و این حد بحرانی برای فواصل بالاتر از ۶۰ متر برابر با -۸۸۵ میلی‌ولت می‌باشد. این امر بیانگر نیاز به جریان کمتر برای حفاظت خط در صورت جایگذاری آندها در فواصل دور می‌باشد.

۴.۴ نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در قسمت‌های پیش مزایا و معایب روش ECM را در مقایسه با روش المان‌مرزی به صورت زیر می‌توان برشمرد.

- مزایای روش مدار معادل نسبت به روش المان‌مرزی

۱. سادگی روش و سهولت کاربرد

۲. عدم نیاز به تولید شبکه روی مرزها

۳. تبدیل مسئله سه‌بعدی به یک بعدی

۴. عدم نیاز به روند تکرار (با فرض استفاده از یک شیب برای کل لوله) و سرعت بالای حل که ناشی از حل یک سری معادلات خطی می‌باشد.

۵. سهولت بیشتر در مدل‌سازی شبکه‌ها

- معایب روش مدار معادل نسبت به روش المان‌مرزی

۱. نیاز به فرض اساسی دوری بسیار زیاد آندها از کاتد (وجود پتانسیل یکنواخت در الکترولیت)

۲. عدم تطابق خطی‌سازی منحنی پلاریزاسیون با شرایط واقعی

۳. وابستگی شدید به خطی‌سازی منحنی پلاریزاسیون

۴. عدم و یا سختی بسیار برای استفاده در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک اجزای دیگر چون مخازن

۵. عدم کارایی در مدل‌سازی مسائل حفاظت کاتدیک از نوع آند فداشونده

۶. عدم کارایی در مدل‌سازی مسائل با شرایط آند و کاتد نزدیک به هم

۵.۴ منابع

[۱] Quaiia, S, “Cathodic Protection Design for Complex Buried Conductor Networks”, International Journal of Power & Energy Systems, VOL. 27, No.4, 2007.

- [۲] گزارش ماهیانه فعالیت‌های انجام‌شده در اسفندماه ۱۳۸۷، KHGCRO MR 1387-11، دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان، اسفندماه ۱۳۸۷.
- [۳] Grainger. J.J & Stevenson. W.D, Power System Analysis, McGraw-Hill, 1994.
- [۴] R. B. Griffin, J. F. Yan, S. N. R. Pakalapati, T.V. Nguyen and R. E. White, "Mathematical Modeling of Cathodic Protection Using the Boundary Element Method with a Nonlinear Polarization Curve", *J. Electrochem. Soc.*, July 1992, Vol. 139, No. 7, pp. 1932-1936.
- [۵] K. J. Kennelley, L. Bone and M. E. Orazem, "Current and Potential Distribution on a Coated Pipeline with Holidays Part II-Comparison of the Effects of Discrete and Distributed Holidays", *Corrosion*, March 1993, Vol. 49, No. 3.
- [۶] M. E. Orazem, J. M. Esteban, K. J. Kennelley and R. M. Degerstedt, "Mathematical Models for Cathodic Protection of an Underground Pipeline with Coating Holidays: Part 1 – Theoretical Development", *Corrosion*, April 1997, Vol. 53, No. 4, pp. 264-272.
- [۷] I. A. Metwally, H. M. Al-Mandhai, A.Gastli, Z.Nadir, "Factors Affecting Cathodic-Protection Interference", *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2007, Vol. 31, pp. 485-493.
- [۸] بهبهانی‌نژاد، م.، چنگیزیان، م. و سببی، م.، "حفاظت کاتدی لوله‌های گاز طبیعی با استفاده از روش المان مرزی"، کنفرانس بین‌المللی لوله و صنایع وابسته، تهران، دوره یک، ۱۳۸۶.
- [۹] بهبهانی‌نژاد، م.، چنگیزیان، م. و سببی، م.، "شبیه‌سازی عددی سیستم حفاظت کاتدی و بررسی پارامترهای موثر در توزیع پتانسیل روی کاتد به روش المان مرزی"، همایش مهندسی مواد و متالورژی ایران، نجف آباد، دوره هفت، ۱۳۸۶.
- [۱۰] بهبهانی‌نژاد، م. و چنگیزیان، م.، "شبیه‌سازی سه‌بعدی سیستم حفاظت کاتدی لوله‌های گاز مدفون در خاک به روش المان مرزی"، همایش بین‌المللی گاز، تهران، دوره دو، ۱۳۸۷.
- [۱۱] چنگیزیان، م.، "تحلیل عددی حفاظت کاتدی خطوط لوله گاز طبیعی به روش المان مرزی"، رساله جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، شهربور، ۱۳۸۶.
- [۱۲] بهبهانی‌نژاد، م.، "شبیه‌سازی عددی حفاظت کاتدی لوله‌های گاز طبیعی"، شرکت گاز استان خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۷.
- [۱۳] V. E. Kasatkin, A. V. Gelman, A. I. Zarepov, I. V. Kasatkina and V. N. Dorofeeva, "Computer Simulation of Cathodic Protection Systems for Branched Pipelines", *Protection of materials*, 2003, Vol. 39, No. 3, pp 268-273.

۵ تدوین نرم افزار تخمین میزان هدر رفت گاز

یکی از مباحث مهم و قابل توجه در صنعت گاز محاسبه گازهای تلف شده می باشد و این مسئله همواره بعنوان یک معضل مورد توجه بوده است. عوامل مختلفی در اتلاف گاز نقش دارند که در خیلی از موارد قابل اندازه گیری نیستند و باید روش هایی برای تخمین و محاسبه آنها پیش بینی نمود. هدر رفت گاز به طرق مختلفی چون نشت از رگلاتورها، نشت از شیرهای ایمنی و نشت در اثر سوراخ شدن خطوط لوله بهنگام برخورد با یک وسیله مکانیکی صورت می گیرد.

با توجه به افزایش ساخت و ساز شهری، موارد متعددی از سوراخ شدن و شکستن لوله های توزیع گاز گزارش شده است. از اینرو بنا به درخواست عزیزان شرکت گاز استان خوزستان ارائه روشی جهت تخمین میزان هدررفت گاز جزء سرفصل های کاری این ماه دفتر قرار گرفت. در فصل حاضر ابتدا پس از معرفی پدیده، مروری بر معادلات جریان در خطوط لوله گاز شده و با استفاده از این معادلات روشی برای تخمین گازهای تلف شده در اثر سوراخ شدن خطوط لوله هنگام برخورد با یک وسیله مکانیکی در حالتی که شکست کامل در شبکه رخ می دهد ارائه شده است.

۱.۵ نشت گاز

نشت گاز طبق تعریف عبارتست از خروج ناخواسته گاز که به علل گوناگون و معمولاً به طور ناگهانی روی می دهد و همواره امکان بروز پدیده نشت گاز در تاسیسات خط لوله، شبکه های گازرسانی و منازل وجود دارد.

نشت گاز به علل مختلف در لوله های گاز و تاسیسات گازی روی می دهد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱. خوردگی (corrosion)

۲. سایش داخلی (Erosion)

۳. عوامل خارجی چون ضربه‌های مکانیکی و اعمال تنش‌های اضافی

۴. نقص در ساختار متالورژیکی لوله‌ها، اتصالات و شیرها و غیره

۵. نقص در اجراء و نصب شیرها و سایر اتصالات فلنجی و رزوه‌ای

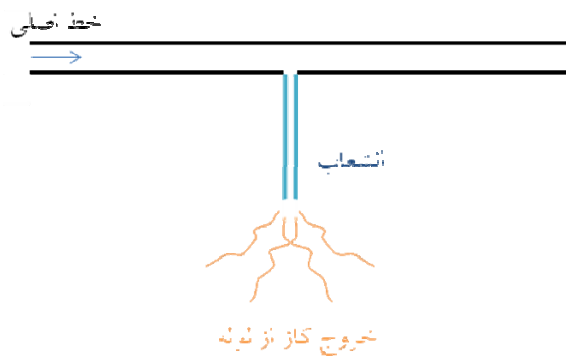
۶. نقص در جوش لوله‌ها و اتصالات جوشی

شبکه‌های گازرسانی به مجموعه‌ای از ایستگاه‌های تقلیل فشار شهری و شبکه گسترده‌ای از لوله‌های زیرزمینی که در سطح شهر پراکنده و گسترش یافته‌اند اطلاق می‌گردد که وظیفه گازرسانی به منازل و واحدهای تجاری و صنعتی را در داخل هر شهر به عهده دارند. هر چند که فشار گاز درون این شبکه‌ها در مقایسه با خطوط انتقالی اصلی به مراتب پائینتر می‌باشد و علی‌القاعده انتظار می‌رود که لوله‌های مذکور و تاسیسات مربوط به آنها کمترین حوادث را داشته باشند ولی به دلیل وسعت و گستردگی زیاد این شبکه‌ها و قرار گرفتن آنها در زیر معابر و خیابان‌ها گهگاه حوادث ناشی از نشت گاز رخ می‌دهد.

براساس اطلاعات موجود بیشترین حوادث منجر به نشتی‌های عمده در شبکه‌های گازرسانی بر اثر حفاری سایر سازمان‌ها در خیابان‌ها و معابر اتفاق افتاده‌است. عدم هماهنگی سازمان‌هایی نظیر آب و فاضلاب، برق و مخابرات با شرکت گاز در موقع حفر کانال باعث برخورد بیل مکانیکی به لوله‌های گاز و بروز نشتی می‌باشد. البته همانطور که در قبل ذکر شد عوامل دیگری در بروز نشتی موثر می‌باشد.

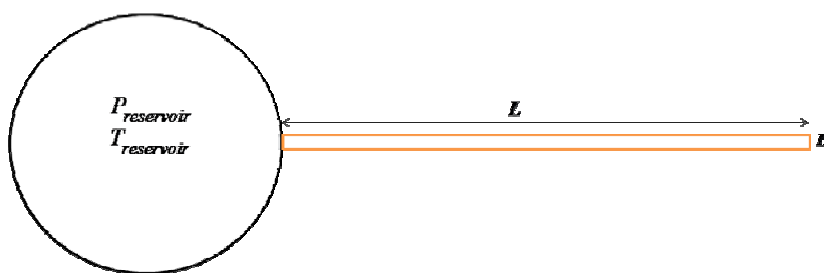
۲.۵ مدل مسئله

در این بخش محاسبه‌ی هدر رفت گاز در اثر تخریب و شکستن کامل یک لوله مورد بررسی قرار می‌گیرد. جریان گاز خروجی از شکاف ماهیت غیردائم دارد. با این حال به کمک یک سری فرضیات ساده‌سازی چون در نظر گرفتن زمان طولانی برای هدر رفت و نیز ثابت بودن فشار در ابتدای لوله می‌توان مسئله را در حالت دائم یا شبه دائم در نظر گرفت. شماتیک هدر رفت گاز از لوله‌ها در شکل ۵.۱ نشان داده شده‌است.



شکل ۱.۵: شماتیک مسئله هدر رفت گاز از لوله‌ها

بمنظور تخمین میزان هدر رفت گاز از لوله‌ها مسئله با شماتیک ارائه شده در شکل ۲.۵ مدل شده است. بدین ترتیب مخزنی با فشار ثابت و برابر با فشار اولیه‌ی خط (فشار در خط اصلی) در نظر گرفته شده که توسط لوله‌ای (لوله‌ی انشعاب) با طول و قطر مشخص به اتمسفر تخلیه می‌شود. از اینرو فشار مخزن، دمای مخزن، طول لوله، قطر لوله و فشار در خروجی لوله (برابر با فشار اتمسفر) ورودی مسئله می‌باشند.

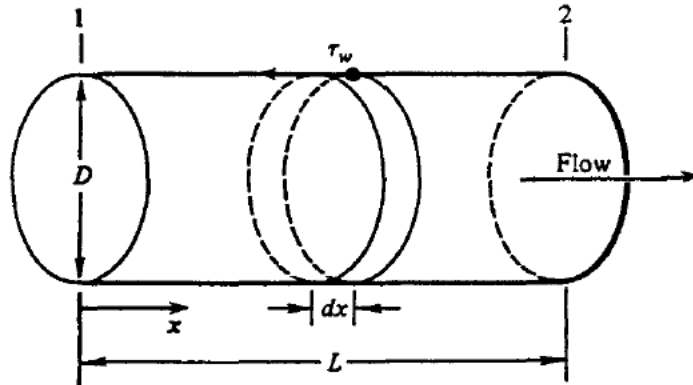


شکل ۲.۵: مدل در نظر گرفته شده برای تخمین هدر رفت گاز از لوله شکسته

۳.۵ معادلات حاکم

هدف از مطالعات انجام گرفته تعیین تخمینی میزان هدر رفت گاز می‌باشد. بدین منظور فرضیاتی در راستای تسهیل روند محاسبات صورت گرفته‌است. به عنوان مثال جریان دائم فرض شده‌است. گاز طبیعی نیز به عنوان گاز کامل فرض شده‌است که اختلاف ناشی از این فرض تاثیر چندانی در تخمین اولیه نخواهد گذاشت. همچنین با توجه به اینکه طول انشعابات کوتاه می‌باشد می‌توان جریان را آدیاباتیک گرفته و از انتقال حرارت به گاز درون خط صرف نظر نمود. با توجه به وجود اثرات اصطکاک درون لوله، ماهیت جریان گاز درون لوله مطابق با جریان فانو می‌باشد. در این بخش معادلات حاکم بر این جریان با در نظر گرفتن گاز به عنوان گاز کامل ارائه می‌شود. شایان ذکر است در

این بخش به نتایج نهایی معادلات اشاره شده و جزئیات بیشتر در منابع مربوطه ارائه گردیده است [۱]. با در نظر گرفتن یک بخش دیفرانسیلی از لوله طبق شکل ۳.۵، معادلات حاکم استخراج می گردند.



شکل ۳.۵: مدل جریان یک بعدی همراه با اصطکاک درون لوله

معادله پیوستگی درون لوله مطابق با (۱-۵) می باشد.

$$\# \dot{m} = \rho u A = cte \quad (1-5)$$

با مشتق گیری از این رابطه در راستای x ، با فرض ثابت بودن مقطع لوله، شکل دیفرانسیلی معادله پیوستگی مطابق با رابطه (۲-۵) حاصل می شود.

$$\# \frac{d\rho}{dx} = -\frac{\rho}{u} \frac{du}{dx} \quad (2-5)$$

با در نظر گرفتن یک بخش دیفرانسیلی از لوله طبق شکل ۳.۵، معادله مومنتوم در راستای x (طول لوله) برای این بخش دیفرانسیلی به شکل زیر حاصل می گردد.

$$\# dP + d(\rho u^2) = -\frac{\tau_w \cdot dx}{D} \quad (3-5)$$

در رابطه فوق τ_w را می توان بر حسب ضریب اصطکاک درون لوله برابر با رابطه ذیل تعریف نمود.

$$\# \tau_w = \frac{1}{2} \rho u^2 f \quad (4-5)$$

با کمی عملیات جبری می توان شکل دیفرانسیلی معادله مومنتوم را همچون رابطه (۵-۵) بدست آورد.

$$\# \rho u \frac{du}{dx} = -\frac{dP}{dx} - \frac{1}{2} \frac{\rho f u^2}{D} \quad (5-5)$$

به همین ترتیب معادله‌ی انرژی را نیز چون رابطه‌ی ذیل می‌توان بدست آورد.

$$\# \rho c_p \frac{dT}{dx} + \rho u \frac{du}{dx} = 0 \quad (۶-۵)$$

یکی دیگر از معادلات موجود معادله‌ی حالت گاز می‌باشد. از آنجا که در محاسبات انجام شده گاز طبیعی، گاز کامل فرض شده، معادله‌ی حالت طبق رابطه (۷-۵) می‌باشد. همانگونه که پیش‌تر اشاره گردید، صرف‌نظر از ضریب تراکم پذیری و انحراف گاز از حالت ایده‌آل، سبب خطای قابل اغماض در تخمین اولیه میزان هدر رفت گاز می‌شود.

$$\# P = \rho RT \quad (۷-۵)$$

با مشتق‌گیری از رابطه‌ی فوق در راستای x ، شکل دیفرانسیلی آن مطابق با ذیل حاصل می‌گردد.

$$\# \rho R \frac{dT}{dx} = \frac{dP}{dx} - RT \frac{d\rho}{dx} \quad (۸-۵)$$

با حل معادلات کوپل فوق می‌توان مجهولات مسئله مشتمل بر توزیع فشار در طول خط (P)، توزیع سرعت در طول خط (u)، توزیع چگالی (ρ) و توزیع دما (T) را در طول خط تعیین نمود. پارامتر f در لوله مبین ضریب اصطکاک لوله می‌باشد و به کمک رابطه‌ای که توسط هالند^{۳۶} پیشنهاد شده محاسبه می‌گردد [۲].

$$\# \frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left[\frac{6.9}{\text{Re}} + \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} \right] \quad (۹-۵)$$

Re برابر با عدد رینولدز درون لوله بوده که از رابطه‌ی ذیل محاسبه می‌شود. ε نیز برابر با میزان زبری لوله می‌باشد.

$$\# \text{Re} = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (۱۰-۵)$$

۴.۵ نرم‌افزارهای موجود

نرم‌افزارهای متعددی در زمینه‌ی مدل‌سازی و تحلیل جریان گاز طبیعی درون خطوط لوله در دسترس است. عمده‌ی این نرم‌افزارها بر پایه‌ی معادلات ارائه شده در بخش فوق همراه با یک سری شرایط دیگر قابلیت تحلیل جریان دائم گاز طبیعی با فرض ایده‌آل و یا گاز واقعی را دارا می‌باشند. در مطالعات اولیه انتظار می‌رفت که بتوان به کمک این نرم‌افزارها میزان هدر رفت گاز را تخمین زد. با بررسی‌های انجام گرفته مشخص شد که این نرم‌افزارها تنها قادر به تحلیل مسئله در شرایط مادون صوت با سرعت‌های خیلی پایین بوده به صورتی که دمای گاز در لوله ثابت فرض می‌شده‌است. هرگاه عدد ماخ جریان درون لوله به یک نزدیک شده و سرعت گاز بالا رود ناگزیر دمای گاز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و از اینرو فرض دمای ثابت منجر به ثبت نتایج اشتباه توسط نرم‌افزارهای موجود می‌شود. بنابراین این نرم‌افزارها قابلیت استفاده برای شرایط کلی را ندارند. تغییر رفتار جریان در حالت خفگی (عدد ماخ خروجی برابر با یک) نیازمند تهیه و تدوین نرم‌افزاری جدید برای بررسی این پدیده است.

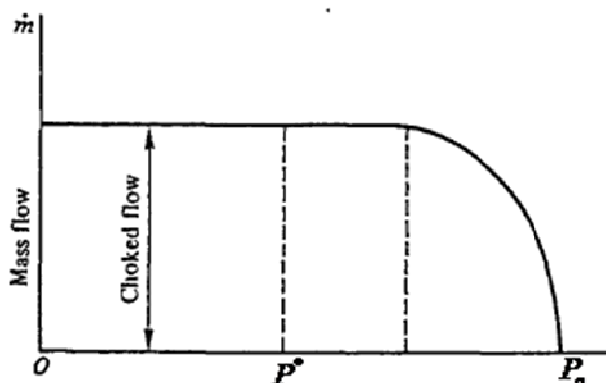
۵.۵ چگونگی تحلیل مسئله

تخمین میزان هدر رفت گاز وابسته به تعیین سرعت در ورودی لوله می‌باشد. به عبارتی با توجه به اینکه دما و فشار گاز در ورودی معلوم است، از اینرو به کمک معادله حالت چگالی تعیین شده و با داشتن سرعت و سطح مقطع لوله میزان دبی خروجی معلوم می‌گردد.

برای تعیین سرعت می‌بایست معادلات حاکم که یک سری معادلات کوپل می‌باشند به طور همزمان حل شده و مجهولات تعیین گردند. برای حل معادلات ناگزیر مقادیر اولیه مجهولات در ورودی لوله مورد نیاز می‌باشد. مقدار اولیه‌ی فشار برابر با همان فشار مخزن و مقدار اولیه‌ی دما نیز همان دمای مخزن می‌باشد. چگالی اولیه از معادله حالت بدست می‌آید. تعیین دقیق سرعت اولیه با فرآیند تکرار حاصل می‌شود. با توجه به خاصیت تراکم پذیری گاز و تغییر عدد ماخ در لوله، جریان گاز درون لوله می‌تواند رفتار متفاوت از خود نشان دهد.

عامل محرک گاز برای برقراری جریان درون لوله، فشار در قسمت خروجی می‌باشد. به عبارتی چنانچه فشار محیطی که گاز بدان تخلیه می‌شود، برابر با فشار درون خط باشد، بدیهی است که هیچ‌گونه جریانی درونی لوله رخ نمی‌دهد. حال چنانچه فشار در خروجی لوله کمی کمتر از فشار در مخزن شود، آنگاه گاز با سرعت کمی در لوله شروع به حرکت می‌نماید. هر چه فشار در خروجی کمتر شود، گاز با سرعت بیشتری در لوله به جریان می‌افتد. چنانچه فشار در خروجی به حدی کم

شود که ماخ در خروجی لوله برابر با یک شود - فشار در این حالت P^* نامیده می شود- در این حالت سرعت در ورودی به ماکزیمم مقدار خود می رسد. به عبارتی دبی عبوری از لوله در حالت بیشینه مقدار خود بوده و کاهش فشار در خروجی به کمتر از P^* تاثیری بر میزان دبی گاز در لوله ندارد، در این حالت اصطلاحاً جریان خفه^{۳۷} شده است. تغییر دبی عبوری از لوله بر حسب فشار در خروجی لوله در شکل ۴.۵ ارائه شده است. کاهش فشار در خروجی لوله به کمتر از P^* منجر به پیدایش یک سری امواج انبساطی در خروجی لوله می شود.



شکل ۴.۵: تغییر دبی عبوری از لوله بر حسب فشار در خروجی لوله

با توجه به موارد مذکور جریان گاز درون لوله می تواند دو رفتار متفاوت نشان دهد که عبارتند از:

۱. جریان گاز کاملاً مادون صوت

در این حالت عدد ماخ در تمام نقاط طول کانال کوچکتر از یک بوده و جریان در طول کانال مادون صوت می باشد. این حالت زمانی رخ می دهد که فشار در خروجی به نحوی باشد که نتواند ماخ خروجی را برابر با یک نماید. در این حالت فشاری که گاز در آن تخلیه می شود بزرگتر از P^* می باشد.

۲. ماخ در خروجی به یک برسد.

در این حالت جریان خفه شده و سرعت در ورودی به ماکزیمم مقدار خود رسیده است. این حالت زمانی رخ می دهد که فشار در خروجی به نحوی باشد که بتواند ماخ خروجی را برابر با یک نماید. در این حالت فشاری که گاز در آن تخلیه می شود کوچکتر و یا مساوی با P^*

³⁷ Choked

می باشد. شایان ذکر است برای تمامی فشارهایی که کم تر از P^* می باشند، شرایط جریان در لوله یکسان بوده و سرعت و دبی گاز ورودی به لوله یکسان خواهد شد.

بمنظور تخمین مقدار سرعت اولیه می بایست هر دو حالت فوق را مد نظر قرار داد. در حالتیکه ماخ در خروجی برابر با یک شود، روابط ذیل برقرار است.

$$\# \frac{T}{T_{exit(M=1)}} = \frac{\gamma+1}{2+(\gamma-1)M^2} \quad (11-5)$$

$$\frac{P}{P_{exit(M=1)}} = \frac{1}{M} \left[\frac{\gamma+1}{2+(\gamma-1)M^2} \right]^{1/2} \quad (12-5)$$

$$\frac{\rho}{\rho_{exit(M=1)}} = \frac{\gamma+1}{2+(\gamma-1)M^2} \quad (13-5)$$

$$\frac{4fL}{D} = \frac{1-M^2}{\gamma M^2} + \frac{\gamma+1}{2\gamma} \ln \left[\frac{(\gamma+1)M^2}{2+(\gamma-1)M^2} \right] \quad (14-5)$$

برای تعیین سرعت در ورودی مراحل زیر به ترتیب می بایست انجام گیرد.

۱. فرض می شود ماخ در خروجی برابر با یک است.
۲. با قرار دادن طول لوله، قطر و ضریب اصطکاک در رابطه (۱۴-۵) با روش های عددی موجود^{۳۸} مقدار M در ورودی تعیین می گردد.
۳. به کمک رابطه ی (۱۲-۵) با داشتن عدد ماخ در ورودی و فشار اولیه، فشار در خروجی ($P_{exit(M=1)}$) مربوط به این حالت محاسبه می گردد.
۴. حال چنانچه $P_{exit(M=1)}$ بیشتر از فشاری که خط بدان تخلیه می شود (فشار اتمسفر) باشد از اینرو فرض اولیه درست بوده و با داشتن دمای اولیه گاز می توان به کمک عدد ماخ ورودی سرعت گاز ورودی را محاسبه نمود. با محاسبه ی سرعت به کمک رابطه ی (۱۵-۵) حجم گاز هدررفته از لوله تعیین می شود. در رابطه ی مذکور، ρ_s برابر با چگالی گاز طبیعی در شرایط استاندارد می باشد که برابر است با $0.9894 \frac{kg}{m^3}$. نیز زمان هدر رفت بر حسب ثانیه است.

^{۳۸} برای این منظور از روش سکانت استفاده شده است.

$$\#Q = \frac{\pi \rho_1 u_1 D^2}{4 \rho_s} t \quad (15-5)$$

۵. اگر $P_{exit(M=1)}$ کمتر از فشاری که خط بدان تخلیه می شود (فشار اتمسفر) باشد، در این حالت خروجی لوله به حالت خفگی نرسیده و ماخ خروجی کمتر از یک می باشد. در این حالت پس از یک فرض اولیه برای مقدار سرعت ورودی گاز، با حل معادلات (۲-۵)، (۵-۵)، (۶-۵) و (۸-۵) به صورت هم زمان^{۳۹}، مقادیر مجهولات در طول لوله تعیین می شوند. پس از این مرحله چنانچه فشار محاسبه شده در خروجی لوله برابر با فشار اتمسفر بود می توان نتیجه گرفت که سرعت اولیه درست حدس زده شده وگرنه می بایست یک حدس جدید برای سرعت ورودی در لوله زده شود. روند تصحیح حدس ها به کمک روش های متداولی چون روش سکانت صورت گرفته است.

۶.۵ نتایج نرم افزار

به کمک روابط و الگوریتم ارائه شده در قسمت قبل، نرم افزاری تهیه شده است که میزان هدر رفت گاز را تخمین می زند. در این بخش صحت نتایج حاصل از این نرم افزار مورد بررسی قرار می گیرد. همانگونه که در بخش قبل نیز اشاره شد جریان درون لوله متناسب با فشار خروجی می تواند رفتاری متفاوت نشان دهد. از اینرو نرم افزار برای دو حالت ماخ خروجی کمتر از یک و ماخ خروجی برابر با یک اجرا شده است. با توجه به منابع موجود سیال مورد تحلیل هوا فرض شده است.

۱.۶.۵ ماخ خروجی کمتر از یک

اطلاعات داده شده به نرم افزار در جدول ۱.۵ ارائه شده است.

جدول ۱.۵: اطلاعات ورودی به نرم افزار (ماخ خروجی کمتر از یک)

۰/۴۵	طول لوله (متر)
۰/۰۳	قطر لوله (متر)
۱۵۰	فشار ورودی (کیلوپاسکال)
۳۰۰	دمای ورودی (کلوین)
۱۲۵/۳	فشار خروجی (کیلوپاسکال)

^{۳۹} برای حل معادلات دیفرانسیل مرتبه اول از روش اویلر استفاده شده است.

نتایج حاصل از اجرای نرم افزار همراه با نتایج موجود ([۱]) در جدول ۲.۵ ارائه شده است.

جدول ۲.۵: نتایج نرم افزار در مقایسه با نتایج موجود [۱] (ماخ خروجی کمتر از یک)

نتایج نرم افزار	نتایج موجود [۱]	درصد خطا
۲۰۸/۴۰۷	۲۰۸/۳۱۳	٪۰/۰۴۵
۲۴۳/۰۴۱	۲۴۲/۹۳۶	٪۰/۰۴۳

مطابق جدول فوق مشاهده می شود که نرم افزار به خوبی قابلیت پیش بینی شرایط جریان درون لوله را دارا می باشد.

۲.۶.۵ ماخ خروجی برابر با یک

اطلاعات داده شده به نرم افزار در جدول ۳.۵ ارائه شده است.

جدول ۳.۵: اطلاعات ورودی به نرم افزار (ماخ خروجی برابر با یک)

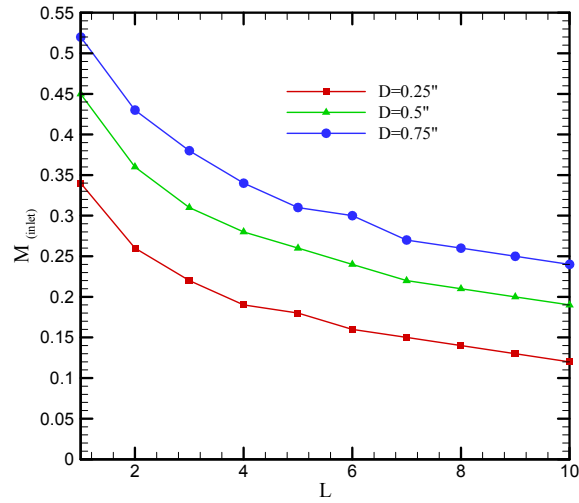
۰/۲	طول لوله (متر)
۰/۰۲	قطر لوله (متر)
۷۵۱/۵	فشار ورودی (کیلو پاسکال)
۴۶۰/۹	دمای ورودی (کلوین)
۴۰۰	فشار خروجی (کیلو پاسکال)

نتایج حاصل از اجرای نرم افزار همراه با نتایج موجود ([۱]) در جدول ۴.۵ ارائه شده است.

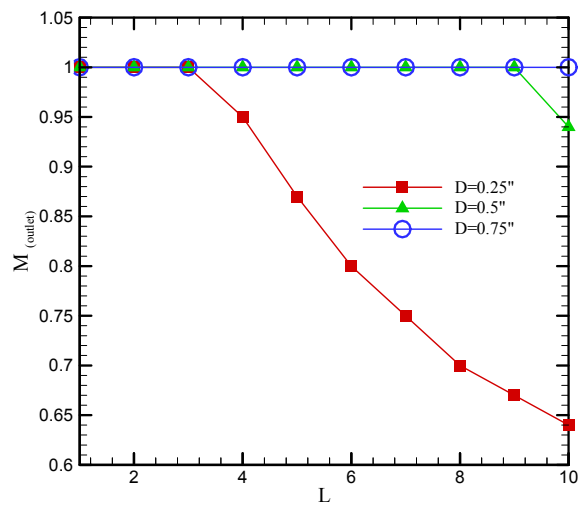
جدول ۴.۵: نتایج نرم افزار در مقایسه با نتایج موجود [۱] (ماخ خروجی برابر با یک)

نتایج نرم افزار	نتایج موجود [۱]	درصد خطا
۲۸۰/۴	۲۸۰/۶	٪۰/۰۵

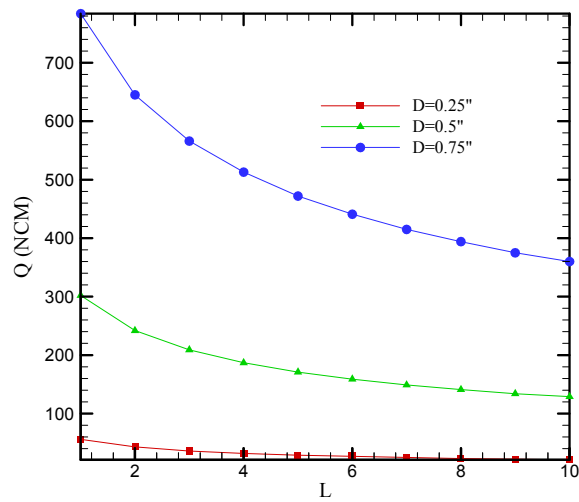
مطابق جدول فوق مشاهده می شود که نرم افزار در این حالت نیز به خوبی قابلیت پیش بینی شرایط جریان درون لوله را دارا می باشد. با اطمینان از نتایج نرم افزار، برنامه مجدداً برای گاز طبیعی با دمای ۳۰۰ درجه کلوین و فشار ۶۰ Psi و برای مدت زمان یک ساعت اجرا شده که نتایج آن در ذیل ارائه شده است.



شکل ۵.۵: تغییر ماخ ورودی نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف



شکل ۶.۵: تغییر ماخ خروجی نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف



شکل ۷.۵: دبی هدر رفت در یک ساعت نسبت به طول لوله برای قطرهای مختلف

۷.۵ محیط گرافیکی نرم افزار تخمین میزان هدر رفت گاز

بمنظور افزایش کارایی نرم افزار و نیز سهولت ارتباط با کاربر تغییراتی در برنامه ایجاد شده و نیز یک محیط گرافیکی مناسب برای آن تهیه گردید. در این بخش کلیات مربوط به این محیط گرافیکی و ورودی‌ها و خروجی‌های کد نگارش ارائه شده است.

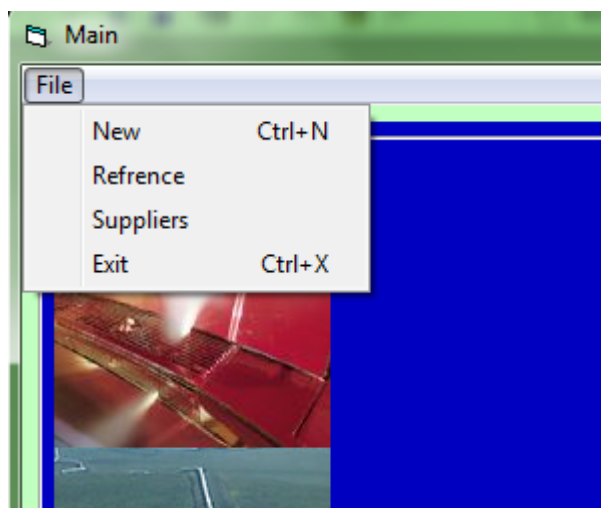
برای استفاده از محیط گرافیکی نرم افزار، همچون دیگر برنامه‌ها می‌بایست ابتدا برنامه نصب شده و سپس از محل Start ، All programs اجرا شود. با این کار صفحه اول نرم افزار (شکل ۸.۵) نمایان می‌شود.



شکل ۸.۵: صفحه اول نرم افزار

همانطور که در شکل ۸.۵ نشان داده شده است، در صفحه اول نرم افزار منوی File، آرم دفتر پژوهش، نام نرم افزار و عکس‌هایی مرتبط با خطوط انتقال و نشستی گاز آورده شده است. در صفحه اول سعی شده شکل کلی نرم افزارهای مرکز حفظ شود (نمای کلی این نرم افزار مشابه با نمای نرم افزار انتخاب کنتور لحاظ شده است).

زیر بخش‌های منوی File در شکل نشان داده شده است.



شکل ۹.۵ زیر منوی file

زیربخش‌ها این منو عبارتند از،

۱. New
۲. Refrence
۳. Suppliers
۴. Exit

زیر بخش New صفحه ورود اطلاعات را نشان خواهد داد (شکل ۹.۵). این کار را با استفاده از کلیدهای میانبر **Ctrl+N** نیز می‌توان انجام داد. زیر بخش **Refrence** لیستی از مراجعی که جهت نوشتن برنامه استفاده شده را نشان می‌دهد.

با کلیک روی دکمه **Input Gas Line Data** (شکل ۸.۵) صفحه ورود داده‌ها به نرم افزار باز می‌شود (شکل ۹.۵) در این صفحه دما و فشار خط اصلی انتقال گاز، طول و قطر لوله‌ای که در آن نشستی رخ داده است و زمان نشستی گاز از کاربر گرفته می‌شود. در صفحه ورودی جنس لوله‌ای که در آن نشستی صورت گرفته است نیز از کاربر گرفته می‌شود. این قسمت فعلا غیر فعال است در ماه‌های آینده کامل خواهد شد و به اطلاعات ورودی توسط کاربر اضافه خواهد شد.

The screenshot shows a software window titled 'input data' with a light green border. It contains four main input sections:

- Main Line:** Pressure (1) atm, Temperature (25) C.
- Purge Line:** Length (1) M, Diameter (1) Inch.
- Time:** Purge Time (1) h.
- Pipe Type:** Pipe Material (C Steel).

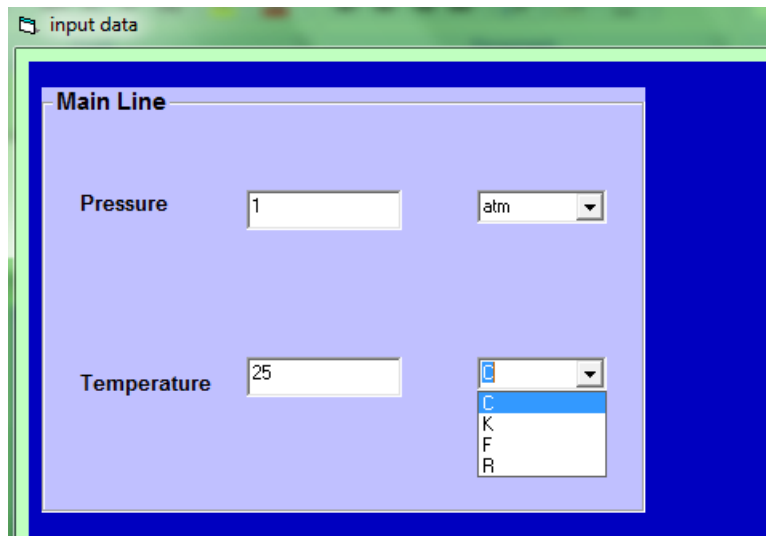
 At the bottom, there are three buttons: '<< Main', 'Next >>', and 'Units'.

شکل ۹.۵: صفحه ورود اطلاعات

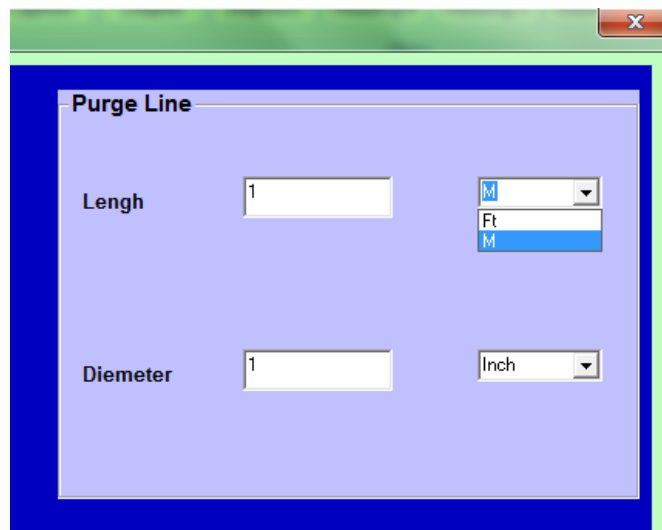
در شکل ۱۰.۵ تا شکل ۱۴.۵ نحوه‌ی ورود اطلاعات به نرم افزار نشان داده شده است. بدین ترتیب نرم افزار به کاربر این قابلیت را می‌دهد، که فشار را بر حسب Psig، اتمسفر و کیلو پاسکال وارد کند. همچنین دما را بر حسب درجه سانتی گراد، کلوین، فارنهایت و رانکین وارد کند و طول لوله را بر حسب فوت و متر و قطر آن را بر حسب اینچ و میلی متر به نرم افزار دهد. همچنین کاربر می‌تواند زمان نشتی را بر حسب دقیقه، ساعت و روز وارد نماید.

This is a close-up of the 'Main Line' section from the previous screenshot. It shows the 'Pressure' input field with the value '1' and a dropdown menu for units. The dropdown menu is open, showing the following options: atm (selected), psig, atm, and kpa. The 'Temperature' input field below it has the value '25' and a dropdown menu set to 'C'.

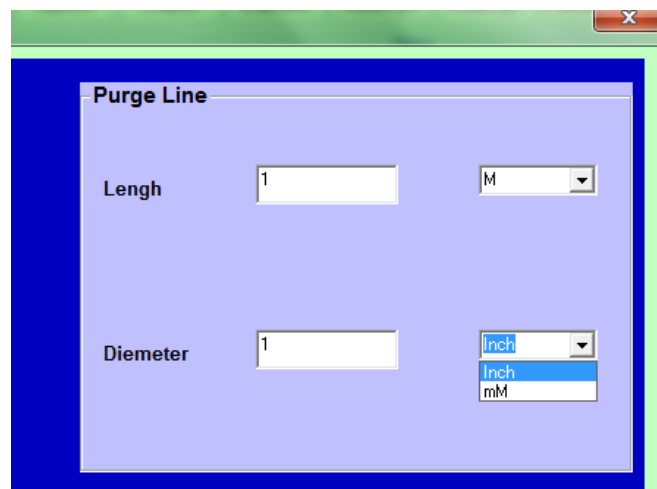
شکل ۱۰.۵: نمایش واحدهای فشار ورودی در خط اصلی



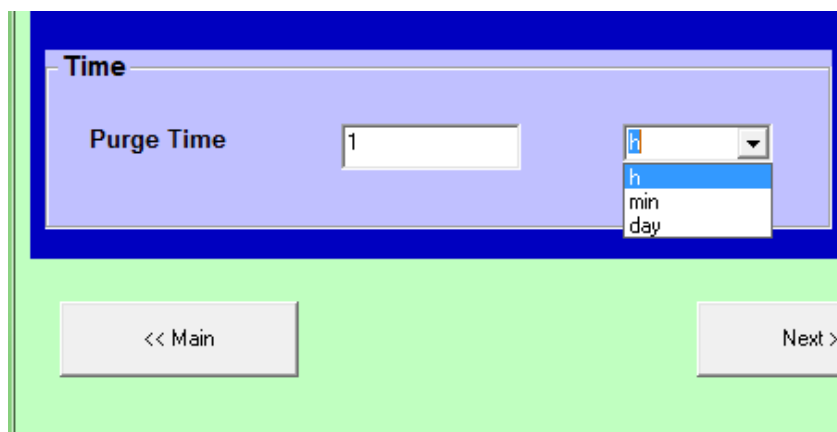
شکل ۱۱.۵: نمایش واحدهای دمای ورودی در خط اصلی



شکل ۱۲.۵: نمایش واحدهای طول لوله در لوله‌ای که در آن نشتی رخ می‌دهد

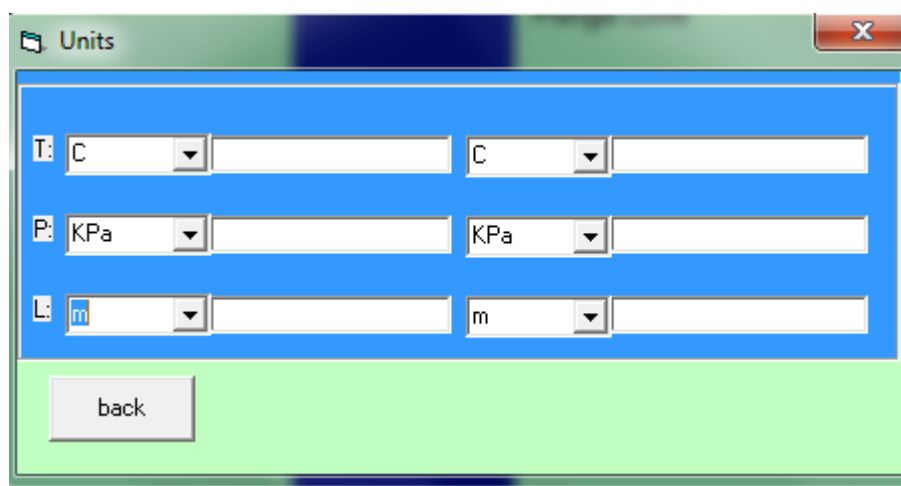


شکل ۱۳.۵: نمایش واحدهای قطر لوله در لوله‌ای که در آن نشتی رخ می‌دهد



شکل ۱۴.۵: نمایش واحدهای زمان نشتی

از آنجایی که سعی بر آن بوده که شکل کلی نرم افزارهای مرکز مشابه باشد، صفحه‌ای برای تبدیل واحد مانند شکل ۱۵.۵ طراحی شده است. با کلیک روی دکمه Units این صفحه نمایان می‌شود. کاربر می‌تواند در این صفحه کمیت‌های دما، فشار و طول را بر حسب واحدهای موجود به یکدیگر تبدیل نماید.



شکل ۱۵.۵: صفحه اول نرم افزار

با کلیک روی دکمه Next صفحه نتایج نشان داده می‌شود. (شکل ۱۶.۵) در این صفحه سرعت، دما و عدد ماخ ورودی و خروجی، همچنین مقدار گاز هدر رفته بصورت حجمی و جرمی بر حسب واحدهای رایج نشان داده شده‌اند.

The screenshot shows a software window titled "Result" with a blue background. It contains three main input sections:

- Gas Characteristic at Entrance:** Velocity (1 M/S), Temperature (25 C), and Mach (25).
- Gas Characteristic at Exit:** Velocity (1 M/S), Temperature (25 C), and Mach (1).
- Purge Gas:** Volume (1 NCM) and Mass (1 Kg/h).

At the bottom, there are two buttons: "<< Back" on the left and "Exit" on the right.

شکل ۱۶.۵: صفحه نتایج

۸.۵ روش‌های استفاده شده جهت تخمین میزان هدر رفت گاز

روش تشریح شده در قسمت قبل ناشی از ایده‌ی اولیه‌ای بوده که در دفتر پژوهش شرکت گاز شکل گرفت. بمنظور تکمیل نرم‌افزار و بهینه‌سازی آن نیاز به بررسی و مطالعه‌ی روش‌های مطرح در این زمینه می‌باشد که در این بخش دیگر روش‌های موجود مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

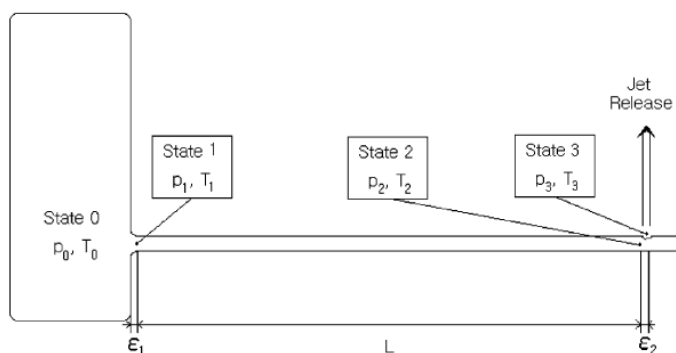
با جستجو در منابع اینترنتی مشاهده می‌شود که تحقیقات بسیار زیادی در زمینه‌ی توزیع گاز و آلاینده‌ها در اتمسفر صورت گرفته‌است. متأسفانه اکثر این تحقیقات بر مبنای انتشار گازی سنگین‌تر از هوا در اتمسفر انجام شده که با توجه به سبک‌تر بودن گاز طبیعی نسبت به هوا، تحقیقات مذکور چندان مناسب جهت استفاده برای تعیین توزیع گاز طبیعی و میزان هدر رفت از لوله‌ها نمی‌باشد. همچنین با توجه به اینکه پدیده‌ی هدر رفت گاز یک پدیده‌ی تصادفی با شرایط متغیر بوده روش‌های مذکور چندان متناسب با مسئله نشت از یک لوله در صورت ایجاد سوراخ بر روی آن نمی‌باشند. با محدود نمودن جستجو به زمینه‌های مربوط به نشت گاز از لوله‌ها موارد ذیل ملاحظه گردید،

- A simple model for the release rate of hazardous gas from a hole on high-pressure pipelines [۳]
- Analysis of hazard areas associated with high-pressure natural-gas pipeline [۴]
- Simulation of gas pipeline leakage using characteristics method[۵]

یانگ^{۴۰} و بام^{۴۱} [۳] و همچنین دانگ^{۴۲} و همکاران [۴] از روشی مشابه با ایده‌ی کلی طراحی نرم افزار استفاده نموده و قابلیت‌هایی چون جریان غیر دائم، سوراخ با قطرهای مختلف و نیز استفاده از گاز غیر کامل را در محاسبات در نظر گرفته‌اند. نورالهی [۵] روشی مبتنی بر روش مشخصه‌ها را استفاده نموده که جهت مدل‌سازی رفتار غیر دائم نشت گاز از لوله می‌باشد. در ادامه کلیات ارائه شده در این مقاله‌ها ارائه می‌شود. بحث و بررسی نتایج این روش‌ها در فعالیت‌های آتی دفتر پژوهش شرکت گاز ارائه خواهد شد.

۱.۸.۵ روش تخمین میزان هدر رفت گاز ارائه شده توسط یانگ [۳]

هدف از این مقاله ارائه مدلی ساده و مناسب جهت تخمین میزان نشت از سوراخ ایجاد شده بر روی خطوط فشار بالا می‌باشد. برای مدل‌سازی می‌توان فرض نمود که لوله با یک نازل همگرا به یک مخزن در شرایط سکون با فشار سکون P_0 متصل شده و از طرف دیگر گاز از سوراخ ایجاد شده بر روی آن مطابق با شکل ۱۷.۵ به اتمسفر تخلیه می‌شود.



شکل ۱۷.۵: شماتیکی از خروج جریان از سوراخ لوله [۳]

پارامترهای استفاده شده در این مرجع در شکل ۱۸.۵ ارائه شده‌اند. جریان عبوری از نازل و سوراخ آیزنتروپیک و جریان درون لوله آدیاباتیک فرض شده‌است. طول نازل و سوراخ (ϵ_1, ϵ_2) در مقایسه با طول لوله بسیار کوچک می‌باشند. از اینرو از اتلاف اصطکاکی درون نازل و سوراخ در مقایسه با این اتلاف درون لوله صرف نظر شده‌است. گاز نیز کامل فرض شده‌است.

⁴⁰ Youang

⁴¹ Bum

⁴² Dong

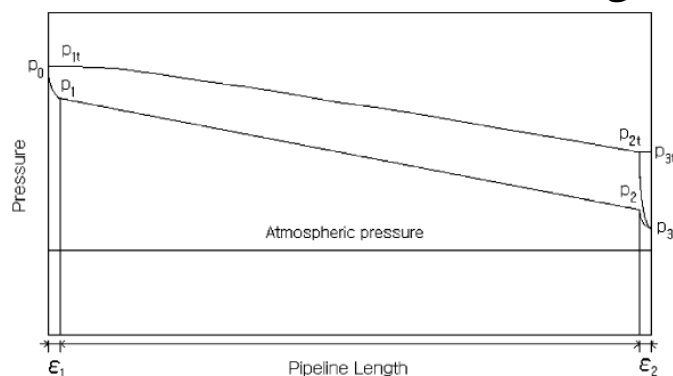
a	sonic velocity (m/s)
A_h	hole area (m ²)
A_p	cross-sectional area of pipeline (m ²)
c_p	specific heat capacity at the constant pressure (J/(kg K))
C_D	discharge coefficient
d	diameter of pipeline (m)
f_F	Fanning friction factor
h	enthalpy (J/kg)
L	length of pipeline (m)
\bar{L}	dimensionless length of pipeline scaled with friction factor
M	Mach number
M_w	molecular weight of gas (kg/mol)
p	pressure inside the pipeline (N/m ²)
p_0	pressure at reservoir (N/m ²)
p_a	atmospheric pressure (N/m ²)
p_t	stagnation pressure (N/m ²)
Q	mass flow rate (kg/s)
$Q_{L=0}$	mass flow rate without friction loss through pipeline (kg/s)
\bar{Q}	dimensionless mass flow rate
Q_h	mass flow rate through hole (kg/s)
Q_n	mass flow rate through nozzle (kg/s)
Q_p	mass flow rate in pipeline (kg/s)
R	gas constant (N m/(K mol))
Re	Reynolds number
T	temperature (K)
T_t	stagnation temperature (K)
c_v	specific heat capacity at the constant volume (J/(kg K))
u	gas velocity (m/s)

Greek letters

α	dimensionless hole-size; $A_h C_D / A_p$
γ	specific heat ratio
ϵ	wall roughness of pipeline (m)
ϵ_1	length of nozzle (m)
ϵ_2	path length through hole (m)
η	parameter
ρ	gas density (kg/m ³)
τ_f	shear stress due to the wall friction (N/m ²)

شکل ۱۸.۵: پارامترهای استفاده شده در مرجع [۳]

دبی خروجی گاز را با دانستن فشار استاتیک و یا سکون گاز در حال جریان، می توان تعیین نمود. در شکل ۱۹.۵ توزیع فشار استاتیک و سکون درون لوله مشاهده می شود.



شکل ۱۹.۵: تغییرات فشار استاتیک و سکون در طول خط لوله

جریان عبوری از نازل

با فرض فرآیند آیزنتروپیک، موازنه‌ی انرژی رابطه را ارائه می‌دهد.

$$\int_{p_0}^{p_1} \frac{\delta p}{\rho} + \frac{1}{2}(u_1^2 - u_0^2) = 0 \quad (16-5)$$

تغییرات چگالی و دما طی فرآیند آیزنتروپیک مطابق با روابط (۱۷-۵) و (۱۸-۵) می‌باشند.

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{1/\gamma} \quad (17-5)$$

$$T = T_0 \left(\frac{p}{p_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \quad (18-5)$$

با انتگرال گیری از رابطه (۱۶-۵) سرعت خروجی از نازل عبارتست از،

$$u_1^2 = 2 \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left(1 - \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\gamma-1/\gamma} \right) = 2 \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left(1 - \frac{T_1}{T_0} \right) \quad (19-5)$$

سرعت بر حسب عدد ماخ به شکل زیر ارائه می‌شود.

$$u_1^2 = a_1^2 M_1^2 = M_1^2 \frac{\gamma R T_1}{M_w} \quad (20-5)$$

با استفاده از تعریف گاز کامل، فشار و دما بعد از نازل به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$T_1 = T_0 \left(\frac{2}{(\gamma-1)M_1^2 + 2} \right) \quad (21-5)$$

$$p_1 = p_0 \left(\frac{2}{(\gamma-1)M_1^2 + 2} \right)^{\gamma/\gamma-1} \quad (22-5)$$

با استفاده از (۲۰-۵)، دبی جرمی عبوری از بدست می‌آید.

$$Q_n = \frac{\pi d^2}{4} \rho_1 M_1 \sqrt{\frac{\gamma R T_1}{M_w}} = \frac{\pi d^2}{4} M_1 \sqrt{\gamma \rho_1 p_1} \quad (23-5)$$

جریان در طول لوله

جریان در لوله همراه با اصطکاک فرض شده است. استفاده از معادله مومنتوم در حالت دائم (۲۴-۵) را

نتیجه می‌دهد.

$$-\delta p - \tau_f \frac{4}{d} \delta L = \rho u \delta u \quad (24-5)$$

با تقسیم (۲۴-۵) بر p این معادله بر اساس ضریب اصطکاک فانو مطابق با (۲۵-۵) نتیجه می‌شود.

$$\frac{-\delta p}{p} - f_F \rho u^2 \frac{2}{pd} \delta L = \frac{\rho u}{p} \delta u \quad (25-5)$$

$$\text{where: } f_F = \frac{\tau_f}{0.5 \rho u^2}$$

در جریان کاملاً زبر، ضریب فانو مستقل از عدد رینولدز بوده و از (۲۶-۵) بدست می‌آید.

$$f_F = \frac{1}{4 \left[1.14 - 2.0 \log \left(\frac{\varepsilon}{d} \right) \right]^2}, \quad \frac{\varepsilon}{d} \gg \frac{9.35}{\text{Re} \sqrt{4 f_F}} \quad (26-5)$$

ε برابر با زبری میانگین لوله بوده که مقدار آن برای لوله‌های فولادی متداول برابر با ۴۶ میکرومتر می‌باشد.

با انتگرال‌گیری از (۲۵-۵) می‌توان رابطه‌ای جهت تعیین تغییرات فشار و یا عدد ماخ در طول لوله بدست آورد. به عنوان مثال جهت تعیین تغییرات ماخ در طول لوله می‌بایست ترم‌های فشار و سرعت گاز به کمک معادله پیوستگی، معادله حالت گاز و تعریف عدد ماخ مطابق با روابط ذیل حذف شوند. معادله پیوستگی به شکل رابطه‌ی ذیل ارائه می‌شود.

$$\frac{\delta \rho}{\rho} + \frac{\delta u}{u} = 0 \quad (27-5)$$

با استفاده از معادله حالت گاز کامل و ترکیب با (۲۷-۵)، ترم فشار مطابق با ذیل نتیجه می‌شود.

$$\frac{\delta p}{p} = -\frac{\delta u}{u} + \frac{\delta T}{T} \quad (28-5)$$

با توجه به تعریف عدد ماخ و معادله حالت گاز کامل، ترم سرعت برابر با (۲۹-۵) می‌باشد.

$$\frac{\delta u}{u} = \frac{\delta M}{M} + \frac{1}{2} \frac{\delta T}{T} \quad (29-5)$$

جایگذاری معادله فوق در (۲۵-۵)، نتیجه می‌دهد،

$$\left(\frac{1}{2} \frac{\delta T}{T} - \frac{\delta M}{M} \right) + 2\gamma M^2 f_F \frac{\delta L}{d} + \gamma M^2 \left(\frac{\delta M}{M} + \frac{1}{2} \frac{\delta T}{T} \right) = 0 \quad (30-5)$$

در جریان آدیاباتیک، دما را بر حسب ماخ به شکل زیر می‌توان محاسبه نمود.

$$h + M_w \frac{u^2}{2} = c_p T + \frac{M^2}{2} \gamma R T = \text{constant} \quad (31-5)$$

و یا،

$$\frac{\delta T}{T} + \frac{(\gamma-1) M \delta M}{1 + ((\gamma-1)/2) M^2} = 0 \quad (32-5)$$

با جایگذاری (۳۲-۵) در (۳۰-۵)، تغییرات ماخ در طول لوله مطابق با (۳۳-۵) ارائه می‌شود.

$$\frac{4f_F\gamma\delta L}{d} = \frac{2\delta M}{M^3} \left[\frac{1-M^2}{1+\left(\frac{\gamma-1}{2}\right)M^2} \right] \quad (۳۳-۵)$$

از رابطه فوق می توان در طول لوله از نقطه ۱ تا نقطه ۲ (شکل ۱۹.۵) انتگرال گرفت و به رابطه (۳۴-۵) رسید.

$$\frac{4f_F\gamma L}{d} = \left(\frac{1}{M_1^2} - \frac{1}{M_2^2} \right) + \frac{\gamma+1}{2} \ln \left[\frac{M_1^2 (2+M_2^2(\gamma-1))}{M_2^2 (2+M_1^2(\gamma-1))} \right] \quad (۳۴-۵)$$

حالت ۲ نقطه ای درون لوله و زیر سوراخ می باشد. دما و فشار را نیز به کمک معادلات فوق می توان بشکل زیر محاسبه نمود.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2+(\gamma-1)M_1^2}{2+(\gamma-1)M_2^2} \quad (۳۵-۵)$$

$$\frac{\delta p}{p} = -\frac{\delta M}{M} \left[\frac{1+(\gamma-1)M^2}{1+\left(\frac{\gamma-1}{2}\right)M^2} \right] \quad (۳۶-۵)$$

با انتگرال گیری داریم،

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{M_1}{M_2} \sqrt{\frac{2+(\gamma-1)M_1^2}{2+(\gamma-1)M_2^2}} \quad (۳۷-۵)$$

دبی جرمی را همچون رابطه (۲۳-۵) می توان به شکل زیر محاسبه نمود.

$$Q_p = \frac{\pi d^2}{4} M_2 \sqrt{\gamma p_2 p_2} = A_p M_2 p_2 \sqrt{\frac{\gamma M_w}{RT_2}} \quad (۳۸-۵)$$

جریان عبوری از سوراخ

با فرض گاز کامل، دبی جرمی عبوری از سوراخ می تواند بر اساس فشار و دمای سکون مطابق با (۳۹-۵) تعیین شود.

$$Q_h = A_h C_D M_3 p_3 \sqrt{\frac{\gamma M_w}{RT_3}} = A_h C_D M_3 p_{t2} \sqrt{\frac{\gamma M_w}{RT_{t2}} \left(\frac{2}{(\gamma-1)M_3^2 + 2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad (۳۹-۵)$$

که ،

$$T_3 = T_{t2} \left(\frac{2}{(\gamma-1)M_3^2 + 2} \right) \quad (۴۰-۵)$$

و

$$p_3 = p_{2t} \left(\frac{2}{(\gamma-1)M_3^2 + 2} \right)^{\gamma/\gamma-1} \quad (41-5)$$

اندیس t مربوط به شرایط سکون و ۳ مربوط به شرایط نقطه‌ای دقیقاً بعد از خروج از سوراخ می‌باشد. با موازنه‌ی جرمی بین نقطه ۲ و ۳، عدد ماخ در نقطه‌ی ۲ با حل معادله‌ی ذیل تعیین می‌شود.

$$\alpha = \frac{M_2 p_2 \sqrt{T_3}}{M_3 p_3 \sqrt{T_2}} = \frac{M_2}{M_3} \left[\frac{(\gamma-1)M_3^2 + 2}{(\gamma-1)M_2^2 + 2} \right]^{(\gamma+1)/(2\gamma-2)} \quad (42-5)$$

در این رابطه α برابر است با،

$$\alpha = \frac{A_h C_D}{A_p} \quad (43-5)$$

اگر جریان در سوراخ خفه شده باشد (ماخ نقطه‌ی ۳ برابر با ۱ باشد)، عدد ماخ در نقطه‌ی ۲ از رابطه‌ی ذیل بدست می‌آید.

$$\alpha = M_2 \left[\frac{\gamma+1}{(\gamma-1)M_2^2 + 2} \right]^{(\gamma+1)/(2\gamma-2)} \quad (44-5)$$

با تعیین ماخ نقطه‌ی ۲ به کمک (۳۴-۵) ماخ ورودی تعیین شده و توسط (۲۳-۵) دبی ورودی معلوم می‌گردد.

مدل پیشنهادی

افت فشار کل برابر با افت فشار ناشی از اصطکاک در لوله و نیز ناشی از انبساط آیزنتروپیک در نازل می‌باشد. میزان خروج گاز را به کمک افت فشار سکون در لوله و سوراخ می‌توان محاسبه نمود. میزان افت فشار درون لوله را به کمک رابطه فانینگ^{۴۳} می‌توان تعیین نمود. هر چند که این رابطه تغییرات فشار ناشی از تغییرات چگالی را در نظر نمی‌گیرد و نیاز به تصحیح دارد. رابطه فانینگ افت فشار در لوله را مطابق با ذیل ارائه می‌کند.

$$\frac{\delta p}{\delta L} = -4 f_F \frac{\rho u^2}{2d} \quad (45-5)$$

سرعت نیز بر حسب دبی جرمی درون لوله مطابق با ذیل محاسبه می‌شود.

$$u = 4 \frac{Q}{\rho \pi d^2} \quad (46-5)$$

با جایگذاری (۴۶-۵) در (۴۵-۵) و انتگرال‌گیری (۴۷-۵) نتیجه می‌شود.

$$\int_{p_0}^{p_{2t}} \rho \delta p = -32 \frac{f_F L Q^2}{\pi^2 d^5} \quad (۴۷-۵)$$

با انتگرال گیری از رابطه فوق و به کمک (۱۷-۵) مقدار تقریبی دبی جرمی بر حسب فشار، قطر و طول لوله به شکل زیر محاسبه می شود.

$$Q_h \cong \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{\rho_0 p_0 d}{2 f_F L} \left(\frac{\gamma}{\gamma+1} \right) \left(1 - \left(\frac{p_{2t}}{p_0} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)} \quad (۴۸-۵)$$

دبی عبوری از سوراخ مطابق با ذیل نتیجه می شود.

$$Q_h = A_h C_D M_3 \sqrt{\gamma \rho_{2t} p_{2t} \left(\frac{2}{(\gamma-1) M_3^2 + 2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad (۴۹-۵)$$

$$\cong \frac{\pi d^2}{4} M_3 \alpha \sqrt{\gamma \rho_0 \left(\frac{p_{2t}}{p_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} p_{2t} \left(\frac{2}{(\gamma-1) M_3^2 + 2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

فرض اساسی در این مدل این است که تمامی دبی جرمی درون لوله از سوراخ خارج می شود. همچنین چگالی نقطه‌ی ۲ با فرض فرآیند آیزنتروپیک در لوله محاسبه شده است. با برابر قرار دادن این دو دبی، فشار سکون در نقطه‌ی ۲ برابر است با،

$$p_{2t} = p_0 \left(\frac{1}{\eta+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \quad (۵۰-۵)$$

که

$$\eta = \alpha^2 M_3^2 \frac{2 f_F L}{d} (\gamma+1) \left(\frac{2}{(\gamma-1) M_3^2 + 2} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \quad (۵۱-۵)$$

چنانچه فشار سکون در نقطه‌ی ۲ بزرگتر از فشار بحرانی باشد، ماخ ۳ برابر با یک است و رابطه (۴۹-۵) به شکل زیر ساده می شود.

$$Q = \frac{\left(\frac{\pi d^2 \alpha}{4} \right) \sqrt{\gamma \rho_0 p_0 \left(2/(\gamma+1) \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}}{\sqrt{1 + \left((4\alpha^2 f_F L) / d \right) \left(2/(\gamma+1) \right)^{\frac{2}{\gamma-1}}}} \quad \frac{p_a}{p_{2t}} \leq \left(\frac{2}{\gamma-1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (۵۲-۵)$$

این مقدار را می توان به شکل زیر بی بعد نمود.

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q|_{L=0}} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi d^2 \alpha}{4} \right) \sqrt{\gamma \rho_0 p_0 \left(2/(\gamma+1) \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}} \quad (۵۳-۵)$$

با فرض،

$$\bar{L} = \frac{f_F L}{d} \quad (۵۴-۵)$$

دبی جرمی بی بعد به شکل نهایی (۵۵-۵) ارائه می شود.

$$\bar{Q} = \frac{1}{\sqrt{1+4\alpha^2 L (2/(\gamma+1))^{2/\gamma-1}}} \quad (55-5)$$

۲.۸.۵ روش تخمین میزان هدر رفت گاز ارائه شده توسط دانگ [۴]

جریان گاز درون خطوط لوله را می توان همچون جریانی با چگالی متغییر در نظر گرفت. از اینرو در محاسبات مربوط بدین جریان معادلاتی چون معادله پیوستگی، مومنتوم و انرژی درگیر می شوند. در حالت کلی جریان را درون لوله ها می توان هم دما و یا آدیاباتیک در نظر گرفت. فرضیات هم دما بیشتر برای لوله های طویل بدون عایق لحاظ شده در حالیکه جریان آدیاباتیک متناسب با لوله های کوتاه با عایق کاری می باشد. شایان ذکر است در حالت واقعی جریان ماهیتی دو گانه دارد و می تواند ترکیبی از حالات مذکور باشد. هر چند که در بسیاری از شرایط هر دو فرض جواب یکسانی را برای لوله های طویل ارائه می دهند [۷]. جریان گاز در محاسبات معمولاً به صورت جریان آدیاباتیک برگشت پذیر یک گاز کامل مدل شده و جهت تکمیل معادلات از معادله حالت و معادله پیوستگی نیز بهره می گیرند. معادله حالت گاز کامل بیشتر برای گازهای کم فشار در دمای بالا قابل استفاده است و در فشارهای بالا فرض کامل بودن گاز منجر به خطا در محاسبات می گردد. در محاسبات مهندسی اثر انحراف گاز از حالت ایده آل با استفاده از ضریب تراکم پذیری جبران می شود. از اینرو معادله حالت گاز واقعی به شکل ذیل ارائه می گردد.

$$p = \frac{\rho ZRT}{M} \quad (56-5)$$

ضریب تراکم پذیری Z در طول لوله ثابت فرض می شود. پارامترهای استفاده شده در این بخش در شکل ۲۰.۵ تعریف شده اند.

شماتیکی از خروج جریان از یک سوراخ روی لوله در شکل ۲۱.۵ ارائه شده است. سوراخ در فاصله L از یک شیر تنظیم کننده فشار قرار گرفته است. نقاط مختلف ارائه شده در شکل ۲۱.۵ عبارتند از،

- نقطه ۱، نقطه ای بعد از شیر تنظیم کننده فشار
- نقطه ۲، نقطه ای درون خط و در زیر سوراخ
- نقطه ۳، نقطه ای خارج از خط و درون اتمسفر

a	sonic speed of gas (m s^{-1})
A_{or}	area of hole (m^2)
A	area of cross-section of pipeline (m^2)
C_0	empirical discharge coefficient, for subsonic of Reynold number larger than 30,000, $C_0 = 0.61$, for other situations with $C_0 = 1$
d	hole diameter (m)
D	pipeline diameter (m)
f	friction factor
ΣF	friction force ($= 2fu^2dL/D$) (N)
G	mass flux ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
h	enthalpy of gas (kJ kg^{-1})
L	length from regulation valve to the hole (km)
L_e	equivalent length of pipeline (km)
m	gas mass (kg)
M	molecular weight (kg kmol^{-1})
Ma	Mach number
k	heat capacity ratio (c_p/c_v)
P	pressure (Pa)
Q	release rate (kg s^{-1})
R	constant of gas ($\text{Pa m}^3 \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)
t	time (s)
T	temperature (K)
u	velocity of gas (m s^{-1})
V	volume of pipeline (m^3)
Z	compressibility factor

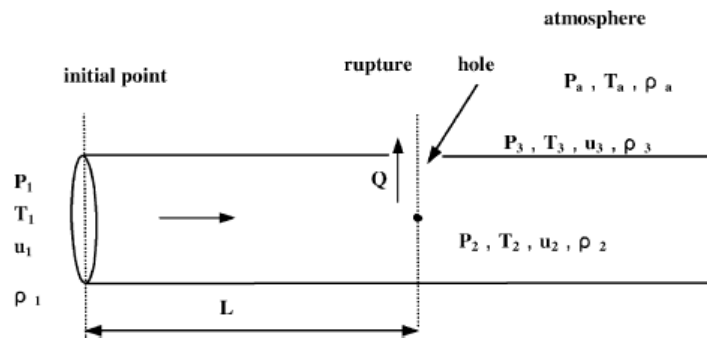
Greek symbols

ε	roughness of pipeline
μ	viscosity of gas (Pa s)
ρ	density of gas (kg m^{-3})

Subscripts

0	steady state
1	initial point
2	point inside the pipeline
3	release point
a	point in the atmosphere
av	average
cr	critical
p	pipeline
w	whole

شکل ۲۰.۵: پارامترهای استفاده شده در مرجع [۴]



شکل ۲۱.۵: شماتیکی از خروج جریان از سوراخ لوله

جریان درون لوله آدیاباتیک فرض شده و در نقطه‌ی خروج گاز آیزنتروپیک می‌باشد. همچنین جریان به صورت یک بعدی فرض شده است. معادله حاکم بر جریان آدیاباتیک با ترکیب معادله انرژی و مومنتوم مطابق با رابطه (۵۷-۵) بدست می‌آید.

$$\frac{k+1}{k} \ln \left(\frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} \right) + \frac{M}{RG^2} \left(\frac{P_2^2}{T_2} - \frac{P_1^2}{T_1} \right) + \frac{4fL_e}{D} = 0 \quad (57-5)$$

در رابطه فوق L_e برابر با طول معادل لوله بوده و ضریب اصطکاک نیز پارامتری وابسته به زبری (ϵ) و عدد رینولدز جریان (R_e) می‌باشد. میزان دبی گاز را نیز می‌توان با جایگذاری (۵۶-۵) و رابطه پواسون و پیوستگی در (۵۷-۵) به شکل (۵۸-۵) بدست آورد.

$$Q = C_0 A_{or} P_2 \sqrt{\frac{2M}{ZRT_2} \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (58-5)$$

میزان دبی عبوری از سوراخ بسته به اینکه جریان مادون صوت و یا صوتی است متفاوت می‌باشد. برای تعیین این وضعیت از نسبت فشار بحرانی که به شکل ذیل تعریف می‌شود، بهره می‌گیرند.

$$CPR = \frac{P_a}{P_{2cr}} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (59-5)$$

چنانچه فشار نقطه‌ی ۲ بالاتر از فشار بحرانی باشد، جریان سونیک بوده و مقدار دبی از رابطه ذیل بدست می‌آید.

$$Q = A_{or} P_2 \sqrt{\frac{M}{ZRT_2} k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (60-5)$$

در صورتیکه فشار ۲ کمتر از بحرانی باشد میزان دبی از رابطه (۵۸-۵) بدست می‌آید.

مدل سوراخ

هرگاه قطر سوراخ نسبت به لوله کوچک باشد، در اینصورت خط لوله همچون یک تانک فرض می‌شود. فرضیات حاکم عبارتند از:

- فشار در طول خط در اثر خروج گاز تغییر نمی‌کند.

- انبساط گاز آیزنتروپیک می‌باشد.

هنگامی که نسبت فشار اتمسفر به فشار نقطه‌ی ۲ کمتر از CPR باشد، جریان صوتی بوده و مقدار دبی برابر با ماکزیمم که از رابطه (۶۰-۵) محاسبه می‌شود. در غیر این حالت دبی از رابطه (۵۸-۵) بدست می‌آید.

مدل لوله

این مدل مناسب برای حالت‌هایی می‌باشد که لوله به طور کامل می‌شکند. در این حالت شرایط نقطه ۲ و ۳ با هم برابر بوده و دیگر انبساط آیزنتروژیکی در کار نیست ($P_2 = P_3 = P_a$). حالت آدیاباتیک را به کمک معادله انرژی و مومنتوم به شکل زیر می‌توان تعیین نمود.

$$\begin{cases} udu + \frac{dp}{\rho} + \sum F = 0 \\ dh + udu = 0 \end{cases} \quad (61-5)$$

با فرض اینکه ضریب اصطکاک در طول لوله ثابت می‌باشد، شکل تحلیلی رابطه‌ی فوق مطابق با ذیل است [۱]،

$$Y_i = 1 + \frac{k-1}{2} Ma_i^2, \quad Ma = \frac{u}{a}, \quad a = \sqrt{\frac{kZRT}{M}} \quad (62-5)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Y_1}{Y_2} \quad (63-5)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \sqrt{\frac{Y_1}{Y_2}} \quad (64-5)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{Ma_1}{Ma_2} \sqrt{\frac{Y_2}{Y_1}}, \quad (65-5)$$

$$G = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_1}} = Ma_2 P_2 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_2}} = \sqrt{\frac{2M}{ZR} \frac{k}{k-1} \frac{T_2 - T_1}{\left(\frac{T_1}{P_1}\right)^2 - \left(\frac{T_2}{P_2}\right)^2}} \quad (66-5)$$

جایگذاری روابط فوق در (۵۷-۵)، منجر به رابطه‌ی ذیل می‌گردد.

$$\frac{k+1}{2} \ln\left(\frac{Ma_2^2 Y_1}{Ma_1^2 Y_2}\right) - Z\left(\frac{1}{Ma_1^2} - \frac{1}{Ma_2^2}\right) + \frac{4kfL_e}{D} = 0 \quad (67-5)$$

هرگاه طول لوله به اندازه کافی بلند باشد و تغییرات فشار در درون و بیرون لوله زیاد باشد، جریان درون لوله به احتمال زیاد به شرایط صوتی رسیده‌است. در این حالت Ma_2^2 برابر با یک است.

مدل ارائه شده

هر دو مدل بررسی شده در بخش قبل هنگامی که قطر سوراخ خیلی کوچک و یا خیلی بزرگ نباشد، دچار خطای محاسباتی بالا می‌شوند. در این حالت حتی اگر جریان گاز درون لوله مادون صوت باشد، جریان عبوری از سوراخ می‌تواند صوتی و یا مادون صوتی باشد.

جریان مادون صوت در لوله و صوتی در سوراخ

هرگاه شرایط زیر برقرار باشند، جریان درون لوله مادون و در سوراخ صوتی است.

$$\begin{cases} P_2 > P_1 Ma_1 \sqrt{\frac{2Y_1}{k+1}} \\ \frac{P_a}{P_2} < CPR \end{cases} \quad (68-5)$$

از اینرو دبی خروجی گاز به کمک رابطه (۶۰-۵) محاسبه می شود. بر اساس قانون پیوستگی دبی عبوری از هر مقطع لوله برابر است با،

$$G = \frac{A_{or}}{A} P_2 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_2} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{k+1/2}} = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_1}} = Ma_2 P_2 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_2}} \quad (69-5)$$

رابطه‌ی بین نقاط ۱ و ۲ همچون (۶۲-۵) تا (۶۵-۵) بوده و پارامترهای نقطه‌ی ۳ مطابق با ذیل تعریف می شوند.

$$P_3 = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{k/2} P_2, \quad T_3 = \left(\frac{2}{k+1}\right) T_2, \quad \rho_3 = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{1/2} \rho_2 \quad (70-5)$$

جریان مادون صوت در لوله و سوراخ

هرگاه شرایط زیر برقرار باشند، جریان درون لوله مادون و در سوراخ صوتی است.

$$\begin{cases} P_2 > P_1 Ma_1 \sqrt{\frac{2Y_1}{k+1}} \\ \frac{P_a}{P_2} \geq CPR \end{cases} \quad (71-5)$$

از اینرو دبی خروجی گاز به کمک رابطه (۵۸-۵) محاسبه می شود. بر اساس قانون پیوستگی دبی عبوری از هر مقطع لوله برابر است با،

$$G = \frac{A_{or}}{A} P_2 \sqrt{\frac{M}{ZRT_2} \frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{2/k} - \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{k+1/k} \right]} = Ma_1 P_1 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_1}} = Ma_2 P_2 \sqrt{\frac{kM}{ZRT_2}} \quad (72-5)$$

با توجه به خروج گاز در حالت مادون صوتی، شرایط نقطه‌ی ۳ همان شرایط اتمسفر می باشد.

$$P_3 = P_a, \quad T_3 = \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{k-1/k} T_2, \quad \rho_3 = \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{1/k} \rho_2 \quad (73-5)$$

با حل معادله (۶۷-۵) به کمک روش نیوتن جواب مسئله تعیین می گردد.

متوسط دبی خروجی در حالت غیر دائم

مدل‌های قبلی مناسب برای تخمین میزان گاز در حالت دائم می باشند. در حالت واقعی هنگامی که

قطر سوراخ کوچک باشد، تغییر ناچیزی در توزیع فشار خط ایجاد می شود که قابل اغماض است. حال چنانچه قطر سوراخ بزرگ باشد و یا معادل با قطر لوله، در این حالت شیر تنظیم فشار بالادست جریان به صورت اتوماتیک بسته شده و از اینرو فشار در طول خط شروع به کاهش می کند. در این حالت دبی خروجی مطابق با رابطه ذیل تابعیتی از زمان دارد.

$$Q(t) = -V_p \frac{d\rho(t)}{dt} \quad (۷۴-۵)$$

در این حالت حتی اگر جریان در سوراخ قبل از بسته شدن شیر صوتی باشد، بعد از آن به تدریج به سمت مادون صوت سوق پیدا می کند چرا که فشار در طول خط کاهش می یابد. هرگاه شیر بسته شود تغییر ماهیت جریان از صوتی به مادون صوت زمانی رخ می دهد که $P_a/P = CPR$. فاصله ی زمانی بین بسته شدن شیر و تغییر ماهیت جریان زمان بحرانی (t_{cr}) نامیده می شود. در جریان صوتی پارامترهای جریان در هر لحظه با جایگذاری (۶۰-۵) در (۷۴-۵) به شکل ذیل محاسبه می شوند.

$$\begin{aligned} \frac{P(t)}{P_0} &= [g(t)]^{2k/(k-1)}, & \frac{T(t)}{T_0} &= [g(t)]^2 \\ \frac{\rho(t)}{\rho_0} &= [g(t)]^{2/(k-1)}, & Q(t) &= Q_0 [g(t)]^{(k+1)/(k-1)} \\ m(t) &= m_0 [1 - g(t)^{2/(k-1)}], & g(t) &= (1 + \alpha t)^{-1} \\ \alpha &= \frac{Q_0 (k-1)}{2m_0} \end{aligned} \quad (۷۵-۵)$$

زمان بحرانی نیز به شکل زیر محاسبه می شود.

$$t_{cr} = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{1}{\left[\frac{(k+1)/2 \right]^{1/2} (P_a/P_0)^{(k-1)/2k}} - 1} \right] \quad (۷۶-۵)$$

برای جریان مادون صوت نیز یک معادله دیفرانسیلی با جایگذاری (۵۸-۵) در (۷۴-۵) برای فشار و زمان بدست می آید که می بایست به روش عددی حل شود.

$$\frac{dP}{dT} = -\frac{kQ_0}{m_0} P_0^{(3-k)/2k} \frac{[P^{(k-1)/k} - P_a^{(k-1)/k}]^{0.5} P^{(k-1)/k}}{[1 - (P_a/P_0)^{(k-1)/k}]^{0.5}} \quad (۷۷-۵)$$

۹.۵ مراجع

- [1] John D. Anderson, Jr., "Modern Compressible Flow", 2nd edition, Mc-Graw-Hill, 1990.
- [2] Yunus A. Cengel, John M. Cimbala, "Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications", 1st edition, McGraw-Hill, 2006.
- [3] Young-Do Jo, Bum Jong Ahn, "A simple model for the release rate of hazardous gas from a hole on high-pressure pipelines", Journal of Hazardous Materials A97 (2003), 31-46.
- [4] Dong Yuhu, Gao Huilin, Ahou Jing'en, Feng Yaorong, "Mathematical modeling of gas release through holes in pipelines", Chemical Engineering Journal 92 (2003), 237-241
- [5] Nourollahi. Ehsan, "Simulation of gas pipeline leakage using characteristics method".

۶ شرکت در کنفرانس‌ها و سمینارهای داخلی و خارجی و مقالات ارائه شده

با توجه به ماهیت پژوهشی فعالیت‌های دفتر، برخی از نتایج این اقدامات در قالب مقاله در مجامع علمی ارائه می‌گردد. در این راستا سال گذشته نیز دو مقاله با عناوین ذیل تهیه گردید و در کنفرانس‌های مربوطه ارائه شد. شایان ذکر است که متن اصلی این مقالات در پیوست ارائه شده است.

- شبیه‌سازی جریان گذرا در خطوط لوله گاز طبیعی به کمک فضای حالت^{۴۴}

- مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک^{۴۵}

بخشی دیگر از فعالیت‌های سالانه دفتر پژوهش متوجه برگزاری سمینارهای تخصصی جهت ارائه و معرفی دستاوردهای تحقیقاتی دفتر پژوهش می‌باشد. در این راستا نیز دو سمینار تحت عناوین ذیل ارائه گردید که شرح آن‌ها در بخش آتی ارائه شده است.

- بررسی نتایج ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان

- مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک

۱.۶ بررسی نتایج ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان

اسلایدهایی که در ادامه ارائه شده‌اند مرتبط با سمینار ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز بوده که در جمع مسئولین محترم شرکت برگزار شده و نتایج آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

^{۴۴} ارائه شده در ASME 2010

^{۴۵} ارائه شده در اولین کنفرانس بین‌المللی بهینه‌سازی حفاظت کاتدی خطوط لوله انتقال و توزیع گاز طبیعی



دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان

ممیزی انرژی ساختمان‌های شرکت گاز استان خوزستان

آبان ۱۳۸۸

۱



فهرست مطالب

- مقدمه‌ای بر اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی
- تعریف پروژه
- وضعیت موجود ساختمان‌ها
- تاثیر راه‌کارهای مختلف در کاهش مصرف انرژی
- انتخاب راه‌کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی

۲



مقدمه‌ای بر اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی

- وجود ارتباط مستقیم بین رشد اقتصادی و توسعه صنعتی با استفاده درست و منطقی از منابع انرژی
- بروز بحران‌های شدید اقتصادی و اجتماعی در کشور با توجه به روند کنونی افزایش جمعیت و طبعاً افزایش مصرف منابع انرژی در آینده‌ای نه چندان دور
- وارد آمدن خسارتی در حدود سالانه ۵ میلیارد دلار ناشی از استفاده نادرست و غیر بهینه منابع انرژی در کشور
- مصرف ۹٪ از فرآورده‌های نفتی دنیا در ایران علی‌رغم وجود یک درصد از جمعیت جهان در کشور
- رشد مصرف انرژی در ایران بیش از ۵ برابر متوسط رشد مصرف در جهان

۳



تعریف پروژه



۴



تعریف پروژه



- **ساختمان مرکزی**
 - چهار طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۲۰۰۰ متر مربع
 - بدون عایق حرارتی
 - شیشه‌ها اغلب دوجداره فلزی
 - روشنایی عمدتاً مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۳۰۰ نفر در روز

۵



تعریف پروژه



- **ساختمان مهندسی**
 - دو طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۱۰۵۰ متر مربع
 - بدون عایق حرارتی
 - شیشه‌ها تک جداره فلزی
 - روشنایی عمدتاً مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۲۱۰ نفر در روز

۶



تعریف پروژه



- ساختمان امور مالی
 - سه طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۱۴۰۰ متر مربع
 - همراه با عایق حرارتی
 - شیشه‌ها دو جداره فلزی
 - روشنایی عمدتا مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۲۲۵ نفر در روز

۷



تعریف پروژه



- ساختمان امور مشترکین شرق
 - دو طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۲۰۰ متر مربع
 - همراه با عایق حرارتی
 - شیشه‌ها تک جداره فلزی
 - روشنایی عمدتا مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۲۰ نفر در روز

۸



تعریف پروژه



- ساختمان آموزش
 - یک طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۳۴۰ متر مربع
 - بدون عایق حرارتی
 - شیشه‌ها تک جداره فلزی
 - روشنایی عمدتا مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۷۳ نفر در روز

۹



تعریف پروژه



- ساختمان کالا
 - دو طبقه با کاربری اداری
 - زیرینا ۸۵۰ متر مربع
 - بدون عایق حرارتی
 - شیشه‌ها تک جداره فلزی
 - روشنایی عمدتا مهتابی
 - تعداد کارمندان با احتساب مراجعین ۷۲ نفر در روز

۱۰



تعریف پروژه



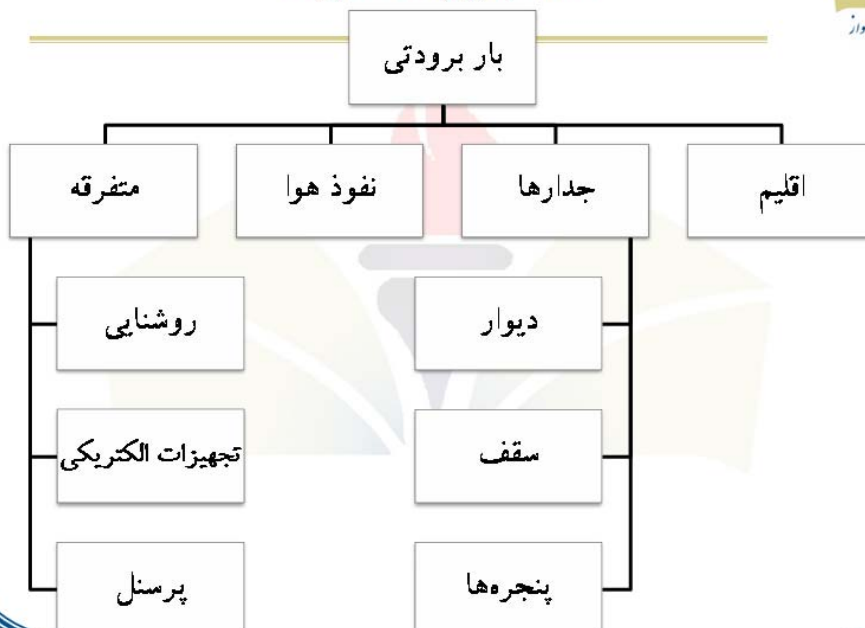
● ساختمان رستوران و تالار اجتماعات

- دو طبقه
- زیرینا ۱۱۴۰ متر مربع
- بدون عایق حرارتی
- شیشه‌ها تک جداره فلزی
- روشنایی مهتابی و رشته‌ای
- تعداد کارمندان با احتساب
- مراجعین ۱۴۵ نفر در روز

۱۱



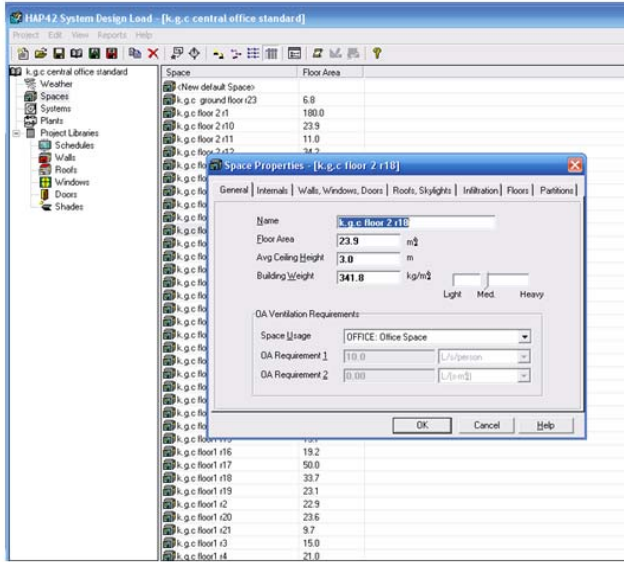
محاسبه بار ساختمان‌ها



۱۲



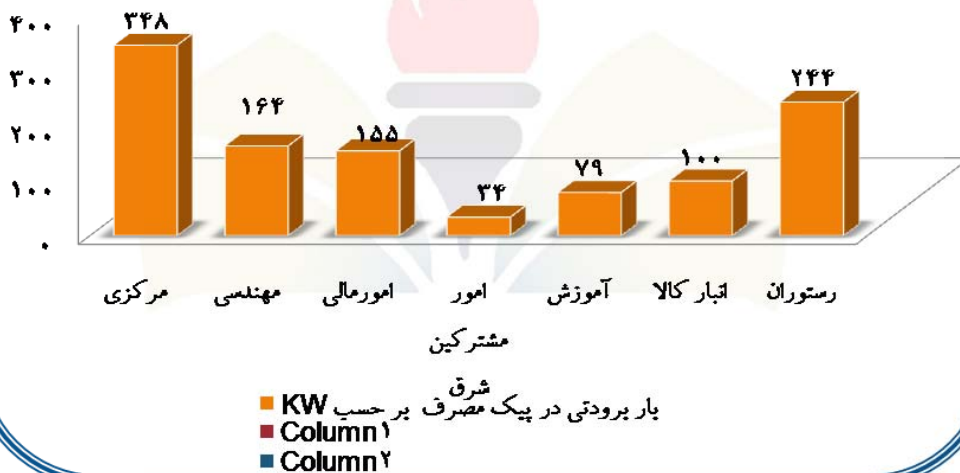
محاسبه بار ساختمانها



• نرم افزار Carrier

۱۳

وضعیت موجود ساختمانها



۱۴

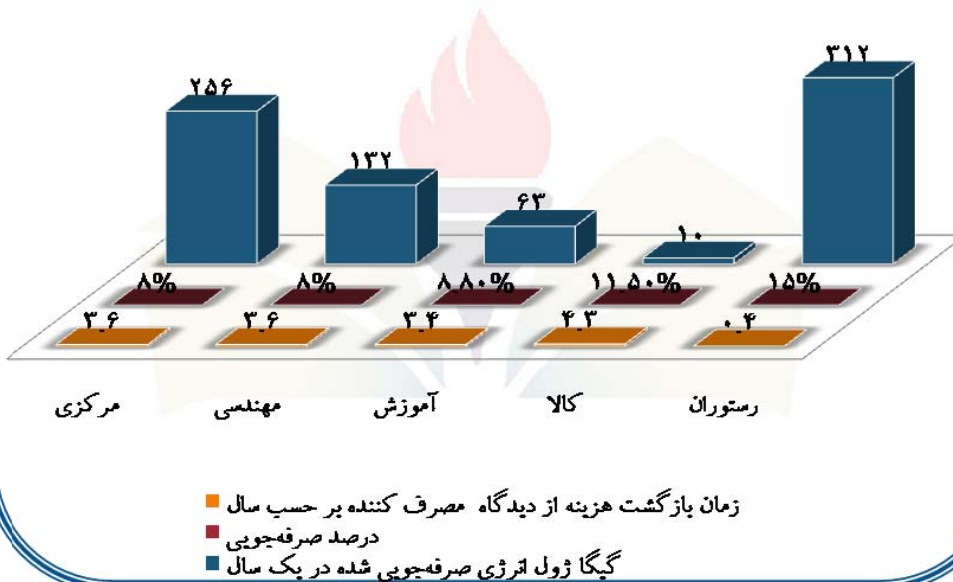


تأثیر راه‌کارهای مختلف در کاهش مصرف انرژی





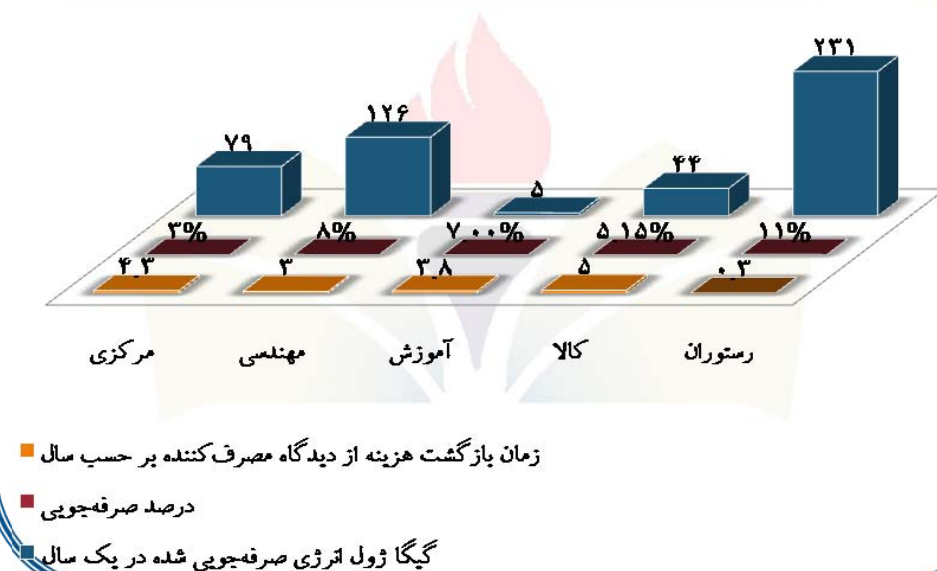
استفاده از عایق حرارتی بر روی دیوارها



۱۶



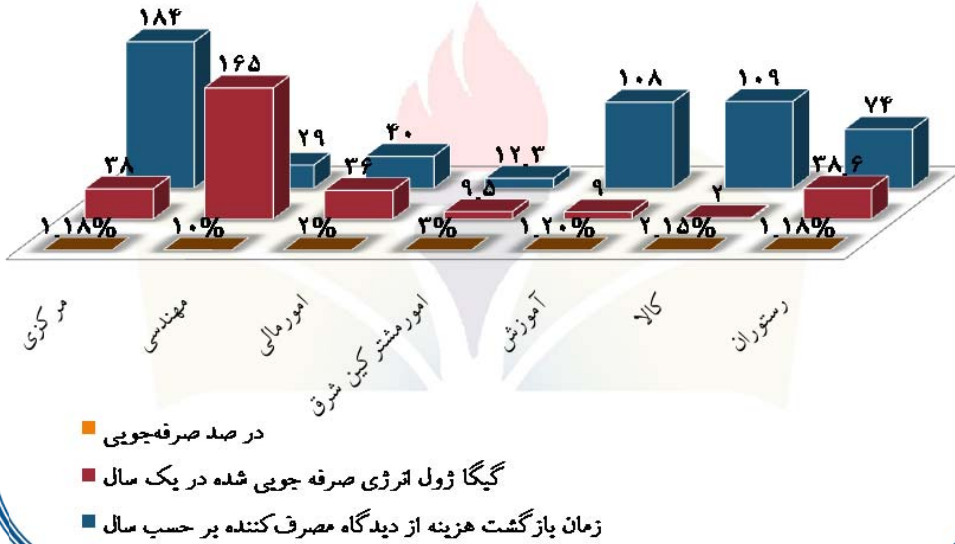
استفاده از عایق حرارتی بر روی سقفها



۱۷



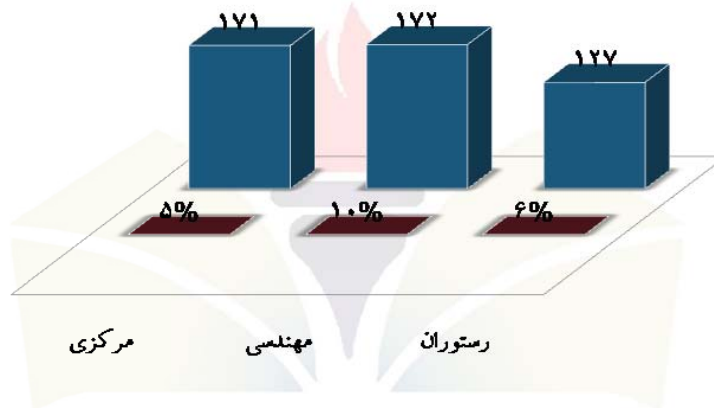
استفاده از پنجره‌های دو جداره با قاب UPVC



۱۸



تنظیم دما

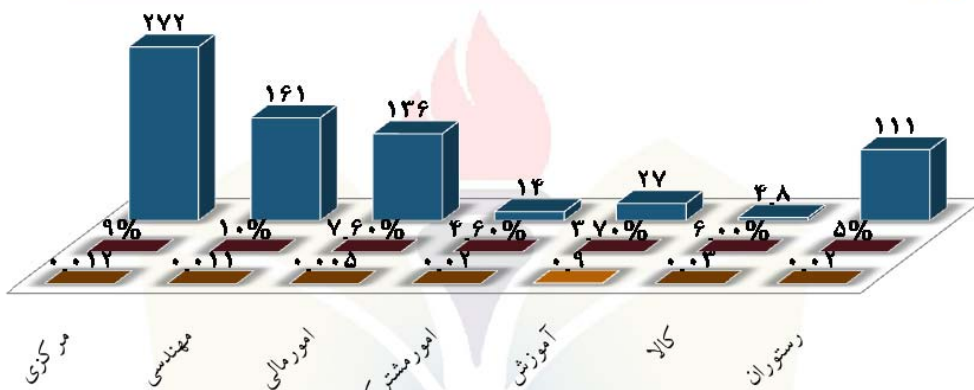


- درصد صرفه‌جویی
- گیگا ژول انرژی صرفه جویی شده در یک سال

۱۹



استفاده از درزبند هوا

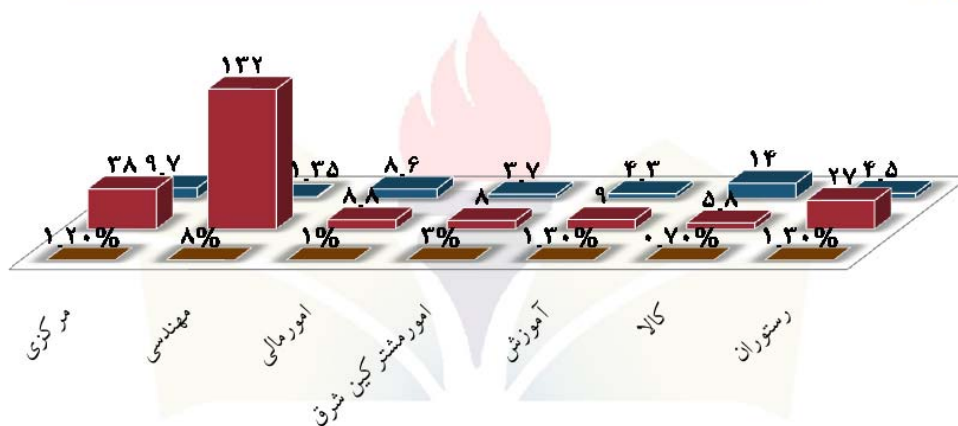


- زمان بازگشت هزینه از دیدگاه مصرف کننده بر حسب سال
- درصد صرفه جویی
- گیگا ژول انرژی صرفه جویی شده در یک سال

۲۰



استفاده از بازتابندهی نور خورشید

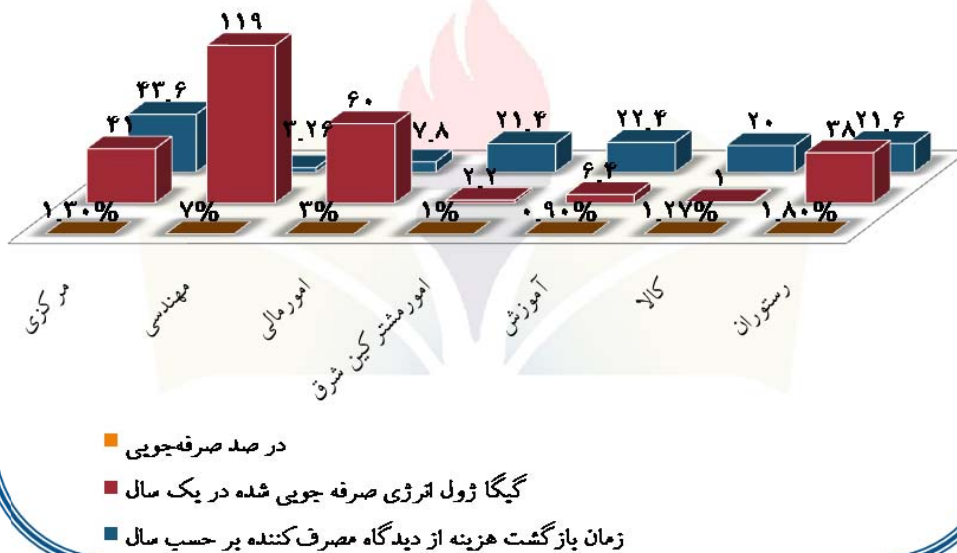


- در صد صرفه جویی
- گیگا ژول انرژی صرفه جویی شده در یک سال
- زمان بازگشت هزینه از دیدگاه مصرف کننده بر حسب سال

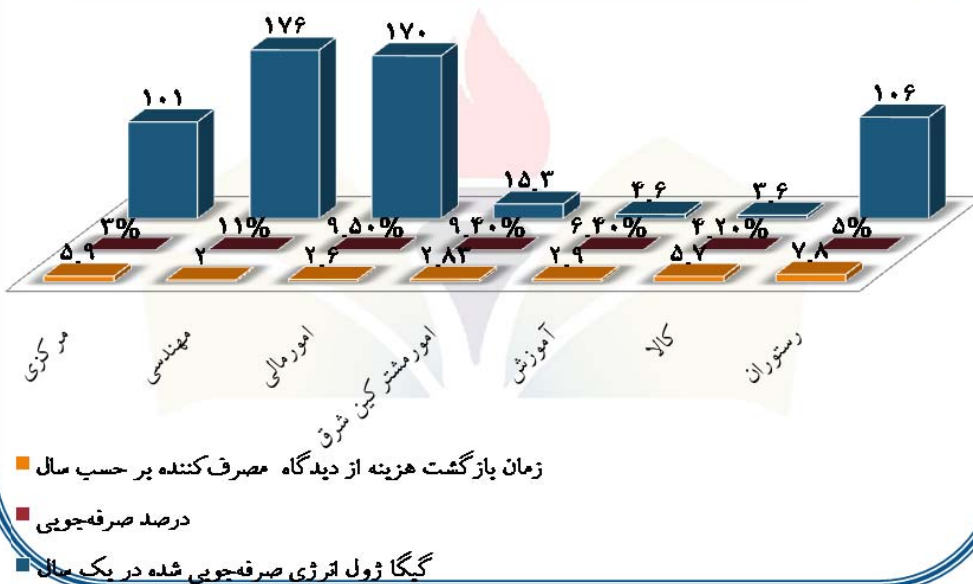
۲۱



تعویض بالاست مغناطیسی با بالاست الکترونیکی



تعویض لامپها با لامپهای کم مصرف





انتخاب راه‌کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی

- ضریب انتقال حرارت مرجع

$$\hat{H} = A_W \times U_W + A_R \times U_R + A_G \times U_G \times R_G + A_D \times U_D + A_{WB} \times U_{WB}$$

- ضریب انتقال حرارت طرح

$$H = \sum_{\text{عناصر}} U.A$$

۲۴



انتخاب راه‌کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی

وضعیت	ضریب مرجع W/K	ضریب طرح W/K	ساختمان
مردود	۲۲۸۰	۴۰۸۵	مرکزی
مردود	۱۳۷۲	۲۷۴۴	مهندسی
قابل قبول	۱۰۷۰	۹۶۲	امور مالی
قابل قبول	۲۳۶	۲۳۲	امور مشترکین شرق
مردود	۶۶۵	۱۱۶۱	آموزش
مردود	۱۱۲۵	۱۸۰۴	کالا
مردود	۲۳۷۰	۵۴۶۲	رستوران

۲۵



انتخاب راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی



۲۶



راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان مرکزی

درصد صرفه جویی	صرفه جویی در مصرف سالیانه (KWh)	هزینه (ریال)	روش بهینه سازی مصرف
٪۸	۲۵۵,۹۶۰,۰۰۰	۱۷,۷۹۳,۹۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در دیوارها
٪۲/۵	۷۸,۸۸۰,۰۰۰	۶,۶۴۴,۴۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در بام
٪۱/۱۸	۳۷,۹۶۲,۰۰۰	۱۳۵,۴۶۲,۲۵۰	استفاده از قاب های UPVC
٪۵/۳۶	۱۷۱,۵۴۰,۰۰۰	-	تنظیم دمای داخل برای فصول گرم
٪۸/۵	۲۷۲,۴۵۰,۰۰۰	۳۹۵,۹۰۰	استفاده از نوار درزبندی
٪۲/۱۴	۱۰۰,۶۳۰,۰۰۰	۱۱,۶۲۰,۰۰۰	تعووض لامپ های مهتابی با کم مصرف
٪۲۷	۸۵۸,۷۲۷,۲۰۶	۱۷۱,۹۱۶,۴۵۰	اعمال هم زمان راهکارها

۲۷



انتخاب راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی



۲۸



راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان مهندسی

درصد صرفه جویی	صرفه جویی در مصرف مالیانه (ک)	هزینه (ریال)	روشی پیشنهادی مصرف
٪۸	۱۳۲,۰۱۹,۰۰۰	۹,۱۴۹,۴۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در دیوارها
٪۷/۵	۱۲۵,۴۷۰,۰۰۰	۷,۱۷۶,۰۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در بام
٪۱۰	۱۶۵,۴۰۰,۰۰۰	۹۲,۱۴۲,۲۵۰	استفاده از قاب های UPVC
٪۱۰/۴	۱۷۲,۶۲۰,۰۰۰	-	تنظیم دمای داخل برای فصول گرم
٪۹/۶۹	۱۶۱,۲۳۰,۰۰۰	۱۸۹,۰۰۰	استفاده از نوار درزبندی
٪۷/۹	۱۳۱,۹۳۰,۰۰۰	۲,۴۵۰,۰۰۰	استفاده از برچسب های بازتابنده نور
٪۱۰/۶	۱۷۵,۸۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰,۰۰۰	استفاده از لامپ کم مصرف
٪۳۶	۵۹۶,۰۲۵,۱۶۴	۱۱۹,۱۰۶,۶۵۰	اعمال هم زمان راهکارها

۲۹



راهکارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان امور مالی

درصد صرفه‌جویی	صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KWh)	هزینه (ریال)	روش بهینه‌سازی مصرف
۷/۶٪	۱۳۵,۵۳۰,۰۰۰	۷۱,۰۴۰	استفاده از نوار درزبندی
۹/۵٪	۱۷۰,۳۶۰,۰۰۰	۸,۴۰۰,۰۰۰	استفاده از لامپ کم مصرف
۱۷٪	۳۰۵,۸۹۰,۰۰۰	۸,۴۷۱,۰۴۰	اعمال هم‌زمان راهکارها

۳۰



راهکارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان امور مشترکین شرق

درصد صرفه‌جویی	صرفه‌جویی در مصرف سالیانه (KWh)	هزینه (ریال)	روش بهینه‌سازی مصرف
۴/۶٪	۱۴,۲۸۵,۰۰۰	۲۹,۷۶۰	استفاده از نوار درزبندی
۹/۴٪	۱۵,۳۳۲,۰۰۰	۸۴۰,۰۰۰	استفاده از لامپ کم مصرف
۱۴٪	۲۹,۶۱۷,۰۰۰	۸۶۹,۷۶۰	اعمال هم‌زمان راهکارها

۳۱



انتخاب راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی



۳۲



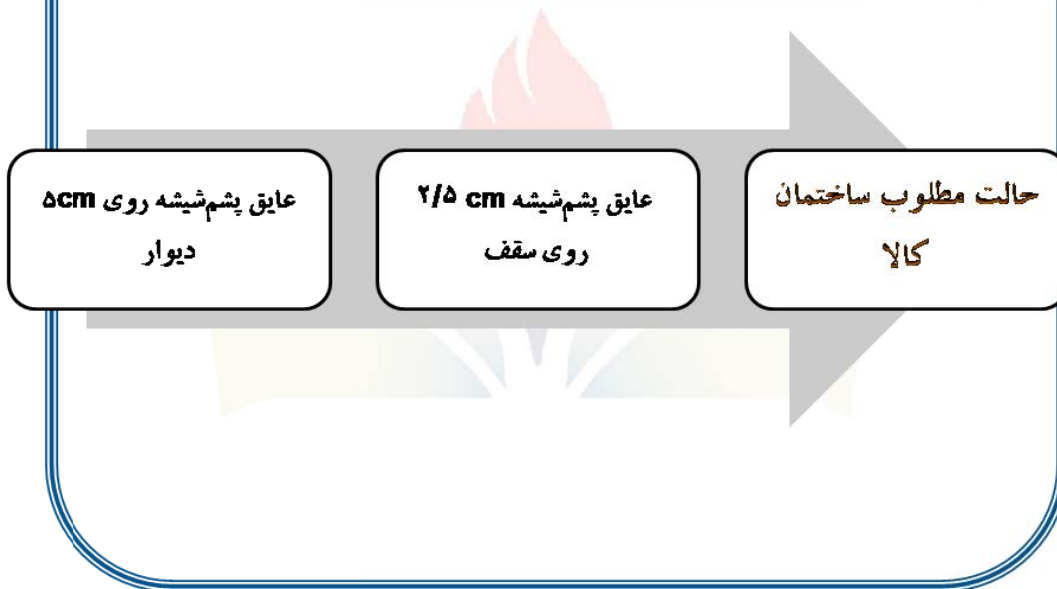
راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان آموزش

درصد صرفه جویی	صرفه جویی در مصرف مالیانه (KWh)	هزینه (ریال)	روش بهینه سازی مصرف
٪۸۸	۶۳,۲۷۵,۰۰۰	۴,۲۰۷,۵۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در دیوارها
٪۷	۵,۰۸۵,۹۰۰	۳,۷۱۷,۷۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در بام
٪۳۱۷	۲۶,۶۶۳,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	استفاده از نوار درزبندی
٪۶۱۴	۴,۶۱۶,۲۰۰	۲,۶۰۴,۰۰۰	تعویض لامپ های مهتابی با کم مصرف
٪۲۶	۹۹,۶۴۰,۱۰۰	۱۰,۶۰۹,۲۰۰	اعمال هم زمان راهکارها

۳۳



انتخاب راه‌کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی



۳۴



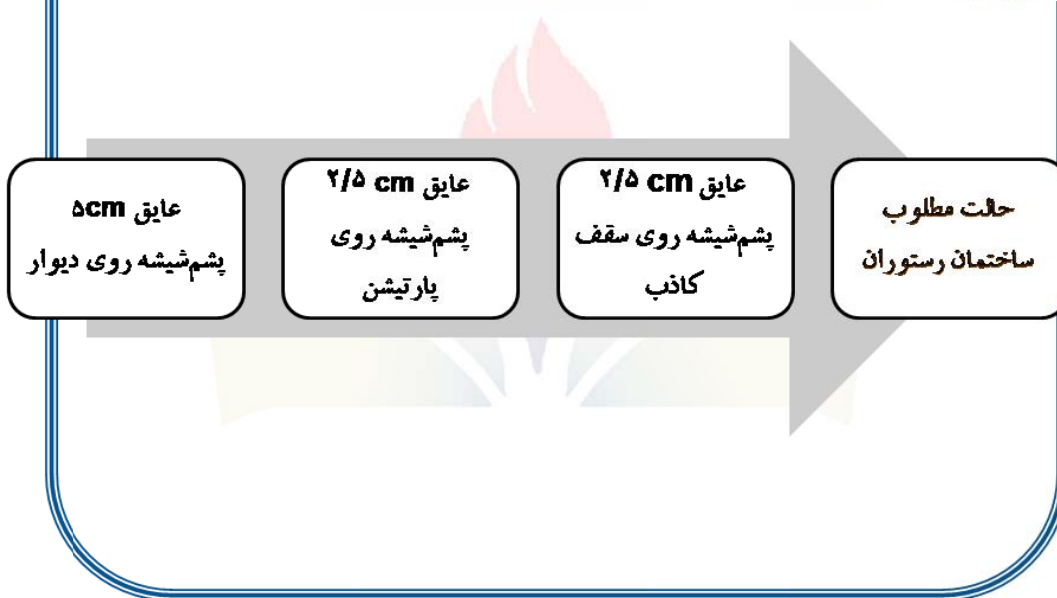
راه‌کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان کالا

درصد صرفه‌جویی	صرفه‌جویی در مصرف مالیانه (KWh)	هزینه (ریال)	روش بهینه‌سازی مصرف
۱۱/۵٪	۹,۷۷۸,۲۰۰	۸,۰۶۳,۱۰۰	استفاده از عایق‌های حرارتی در دیوارها
۵/۵٪	۴۳,۸۶۹,۰۰۰	۴,۲۸۲,۷۰۰	استفاده از عایق‌های حرارتی در بام
۵/۵٪	۴,۷۳۴,۸۰۰	۱۶۰,۰۰۰	استفاده از نوار درزبندی
۴/۲٪	۳,۵۶۶,۳۰۰	۳,۹۲۰,۰۰۰	تعویض لامپ‌های مهتابی با کم مصرف
۲۶/۷٪	۶۱,۹۴۸,۳۰۰	۱۶,۴۲۵,۸۰۰	اعمال هم‌زمان راهکارها

۳۵



انتخاب راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی



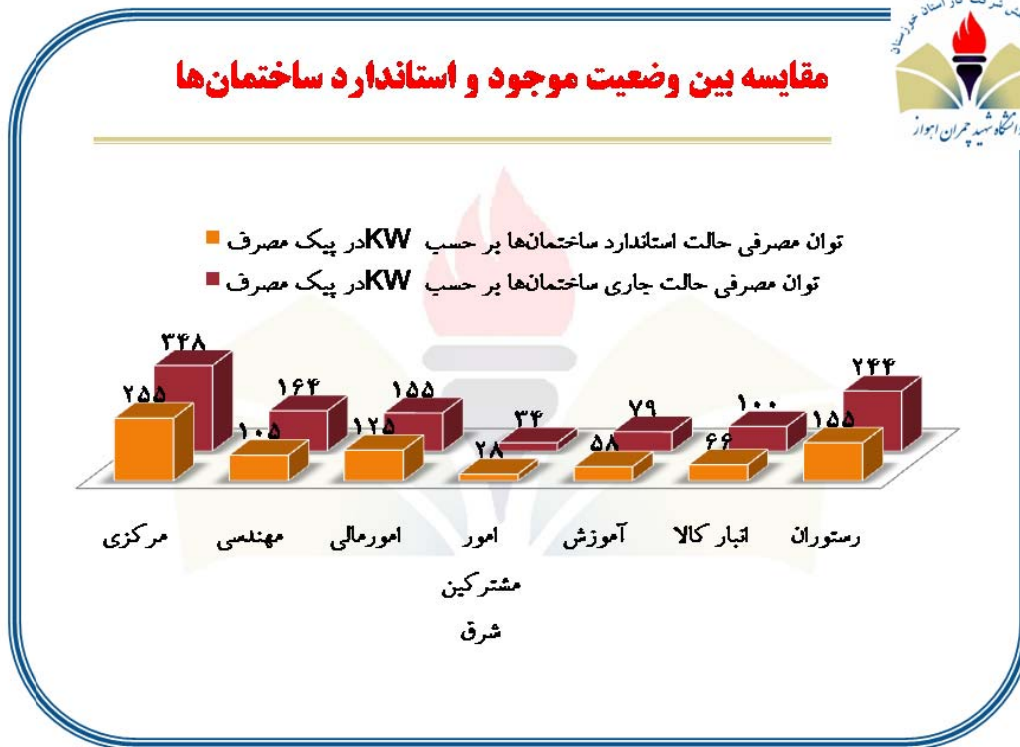
۳۶



راه کارهای مناسب کاهش مصرف انرژی ساختمان رستوران

درصد صرفه جویی	صرفه جویی در مصرف مالیانه (KJ)	هزینه (ریال)	روش بهینه سازی مصرف
٪۱۵	۳۱۱,۳۶۴,۰۰۰	۱۹,۶۳۳,۸۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در دیوارها
٪۱۱	۲۳۱,۲۹۰,۰۰۰	۷,۱۸۶,۰۰۰	استفاده از عایق های حرارتی در بام
٪۵/۳	۱۱۰,۵۶۰,۰۰۰	۲۲۶,۰۰۰	استفاده از نوار درزبندی
٪۵	۱۰۵,۶۴۰,۰۰۰	۱۵,۹۶۰,۰۰۰	تعویض لامپ های مهتابی با کم مصرف
٪۳۶/۳	۷۵۸,۸۵۴,۰۰۰	۴۳,۰۰۵,۸۰۰	اعمال هم زمان راهکارها

۳۷



۲۸


۲.۶ مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک

متناسب با مقاله‌ی مروری بر روش‌های مدل‌سازی حفاظت کاتدیک سمیناری جهت ارائه در کنفرانس بهینه‌سازی حفاظت کاتدی خطوط لوله انتقال و توزیع گاز طبیعی آماده گردیده که در این فصل اسلایدهای این سمینار ارائه می‌گردد.

دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان


**مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های
حفاظت کاتدیک**

دکتر مرتضی بهبهانی‌نژاد




فهرست مطالب

- مقدمه
- مدل سازی ریاضی
- روش المان مرزی
- روش مدار معادل
- مدل سازی جریان های سرگردان
- نرم افزارهای موجود
- فعالیت های انجام گرفته در کشور




مقدمه

- کل هزینه سالانه سیل ها، گردبادها، آتش سوزی ها، رعدوبرق ها و زمین لرزه ها کمتر از هزینه خوردگی می باشد.
- هزینه خوردگی در سال ۱۳۷۹ رقمی بالغ بر ۲۷۰۰ میلیارد تومان برآورد شده است.




هزینه های خوردگی در سال ۱۳۷۹ (میلیارد تومان)

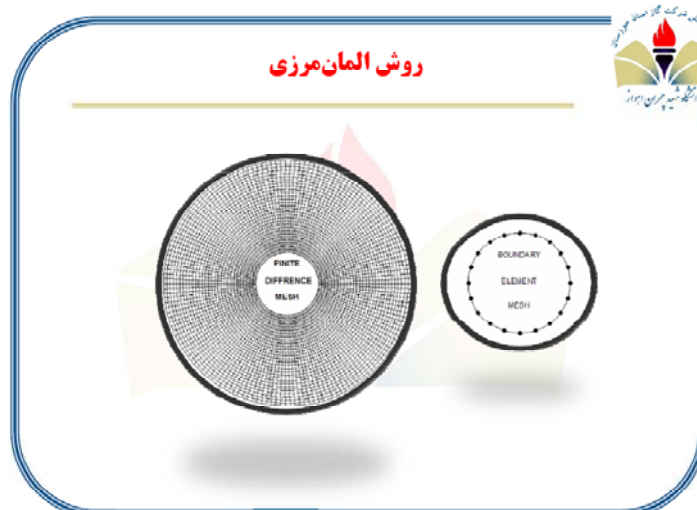
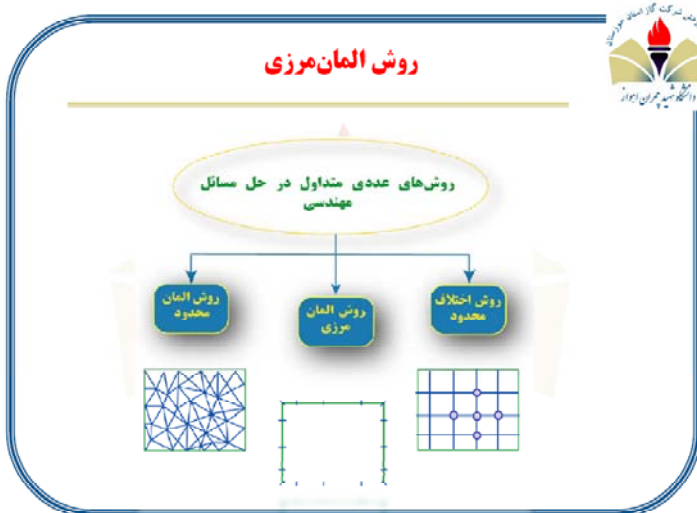
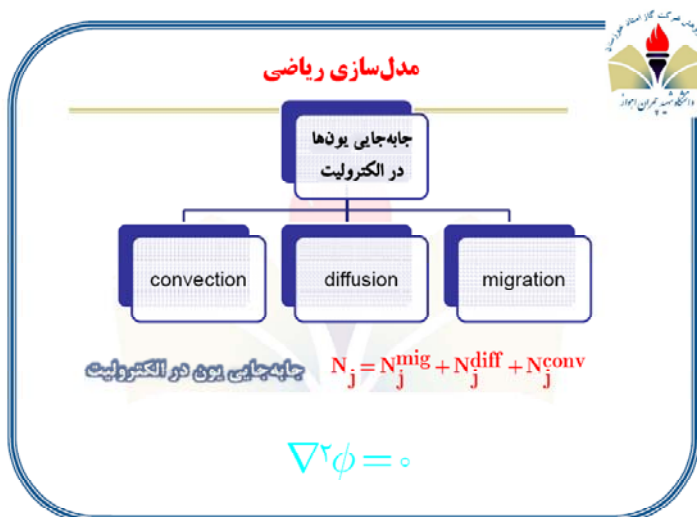
بخش	مبلغ (میلیارد تومان)
صنایع و معادن	۳۷۲
نفت و گاز	۵۱۲
خدمات	۱۳۲۰

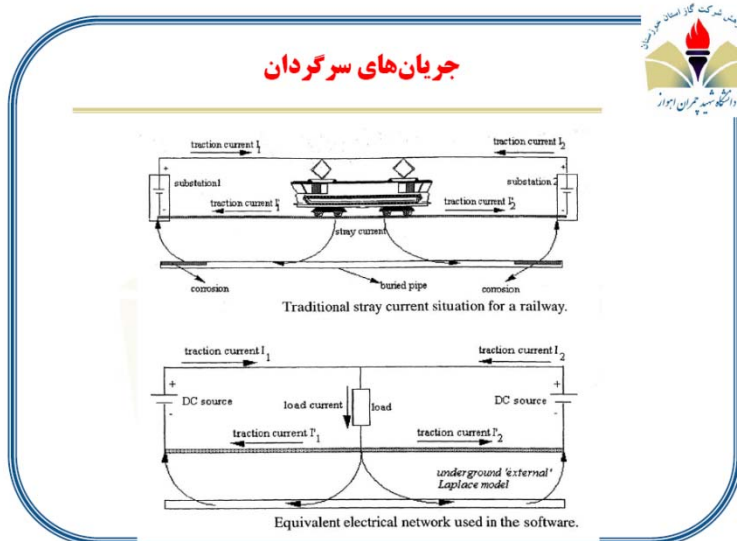
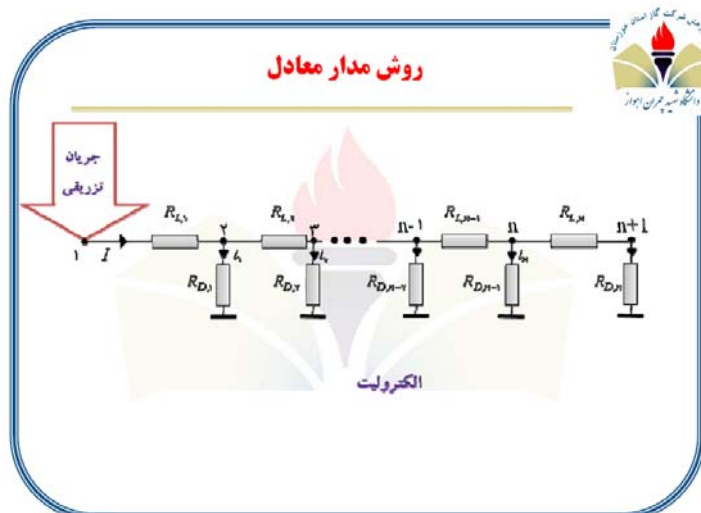


مقدمه

- مزایای مدل سازی






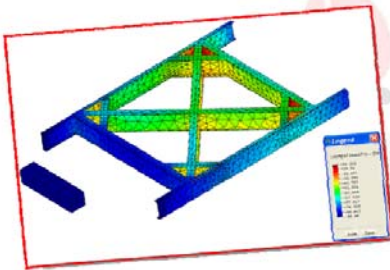


نرم افزارهای موجود


- **Beasy**
- قابلیت مدل سازی اثر تغییرات خاک مناطق مختلف با استفاده از محدوده بندی میدان
- قابلیت مدل سازی همزمان خطوط لوله متصل به مخازن
- استفاده از منحنی های غیرخطی پولاریزاسیون
- قابلیت محاسبه افت پتانسیل بواسطه جریان الکتریکی درون لوله
- قابلیت مدل سازی آیندهای فداشونده و سیستم های جریان اعمالی
- قابلیت مدل سازی اثرات تداخلی و جریان های سرگردان

نرم افزارهای موجود





Beasy •




نرم افزارهای موجود



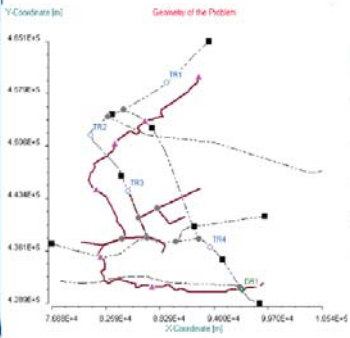
CatPro •

- قابلیت مدل سازی شبکه سه بعدی توسط المان های لوله
- قابلیت مدل سازی سیستم های با آند فدا شونده و جریان اعمالی
- قابلیت مدل سازی جریان های سرگردان ناشی از سیستم های قطار شهری
- قابلیت مدل سازی تداخل های آندیک، کاتدیک و ترکیبی
- قابلیت محاسبه افت پتانسیل ناشی از جریان درون لوله
- قابلیت محاسبه پتانسیل های **on** و **off** لوله نسبت به خاک

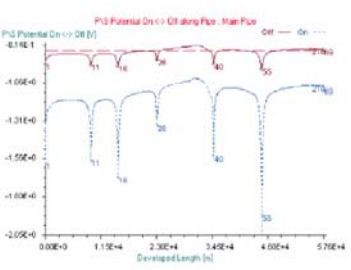
نرم افزارهای موجود

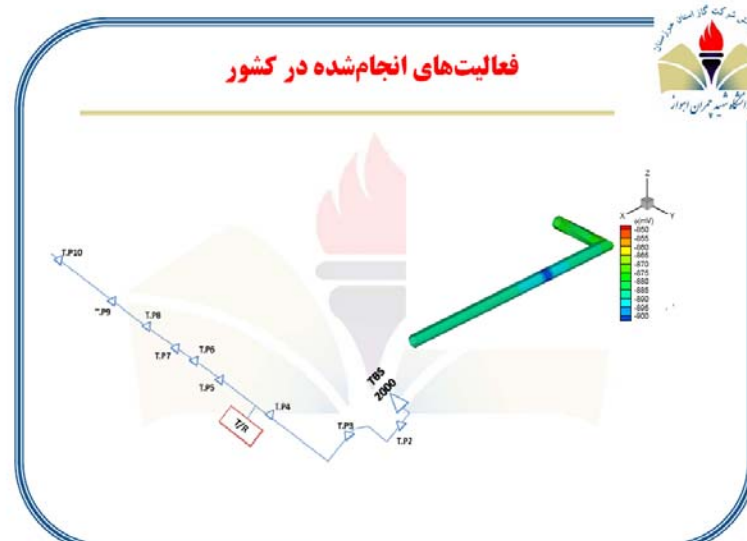
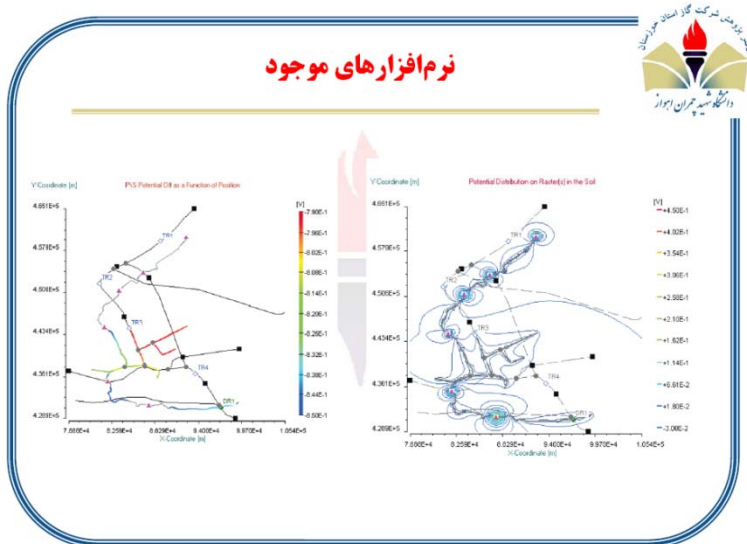


Geometry of the Problem



PS Potential On <-> Off along Pipe - Main Pipe





۷ برپایی غرفه دفتر در هفته پژوهش

بدون شک تحولات سریع و شگفت جهانی در دهه‌های اخیر مرهون پژوهش، ژرف نگری، هم اندیشی، درون و برون‌کاوی و نوآوری صاحبان اندیشه و تخصص و آینده‌نگری و جامع‌اندیشی مدیران در زمینه‌های گوناگون می‌باشد. از اینرو به جرأت می‌توان گفت که در این عصر توسعه‌ی پایدار جز از طریق ایجاد زیرساخت‌های لازم برای تعامل بین دانشمندان و پژوهشگران از یک سو و بدنه‌ی اصلی جامعه از سوی دیگر دست یافتنی نیست. ضمن اینکه اهمیت پژوهش با توجه به نقشی که در تولید علم و فناوری و در نتیجه توسعه کشور دارد بر هیچکس پوشیده نیست ولی آنچه از اهمیت بیشتری برخوردار است هدفمندکردن پژوهش‌ها در راستای رفع نیازهای کشور، پرکردن شکاف میان تحقیق و تولید و تلاش برای برقراری ارتباط هرچه نزدیکتر بین آنها و کاربردی کردن تحقیقات است. چنان که در بیانات سال‌های اخیر مقام معظم رهبری نیز، به کرات به این موارد اشاره شده‌است. هفته پژوهش که از سال ۷۹ تاکنون همه ساله در کشور برگزار شده‌است یکی از موقعیت‌هایی است که در صورت بهره‌گیری مناسب در زمینه آسیب‌شناسی، آگاهی‌بخشی و همچنین ارائه برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در این زمینه‌ها مؤثر خواهد بود. همچنین هفته‌ی پژوهش و جشنواره‌های گوناگون فرصتی است تا ضمن تقدیر از پژوهشگران برجسته و فرهیخته، کلیه‌ی دستاوردهای پژوهشی و علمی این عزیزان، چراغ راه توسعه‌ی اقتصادی و فرهنگی و اجتماعی کشور باشد و آینده‌ی روشن برای محققین جوان و سخت کوش ترسیم نمائیم.

۱.۷ غرفه هفته پژوهش

نمایشگاه دستاوردهای پژوهش و فناوری بطور همزمان با مراسم بزرگداشت هفته پژوهش از تاریخ ۲۱ لغایت ۲۶ آذرماه در استان خوزستان و در پارک دولت اهواز برگزار گردید. بدین ترتیب از عموم دستگاههای اجرایی، دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های تحقیقاتی علاقمند استان دعوت شد به احداث غرفه اقدام نمایند. در همین راستا دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان با انگیزه شناساندن آخرین

نوآوری‌ها و تکنولوژی‌های جدید مطرح در صنایع گاز و مرتبط با فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان و همچنین ایجاد یک بستر پژوهشی جهت سوق دادن فعالیت‌های تحقیقاتی اعضای هیئت علمی و دانشجویان به سمت نیازهای تحقیقاتی آن با همکاری و مساعدت دفتر ارتباط با صنعت دانشگاه شهید چمران اقدام به دایر کردن غرفه نمود.

با توجه به اهداف و انگیزه‌های اصلی در ایجاد دفتر پژوهش، سعی بر آن بود برای بازدیدکنندگان غرفه که طیف شغلی و تحصیلی مختلفی را دربر می‌گرفتند، خدمات دفتر در پیگیری و یافتن آخرین نوآوری‌ها و تکنولوژی‌های جدید در زمینه صنعت گاز و مرتبط با فرآیندها و فعالیت‌های شرکت گاز خوزستان، مسائل و مشکلاتی که توسط شرکت گاز استان خوزستان به این دفتر ارجاع می‌شود، و اولویت‌های پژوهشی شرکت گاز خوزستان، در جهت تعریف پروژه کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا دانشجویان بیان شود.

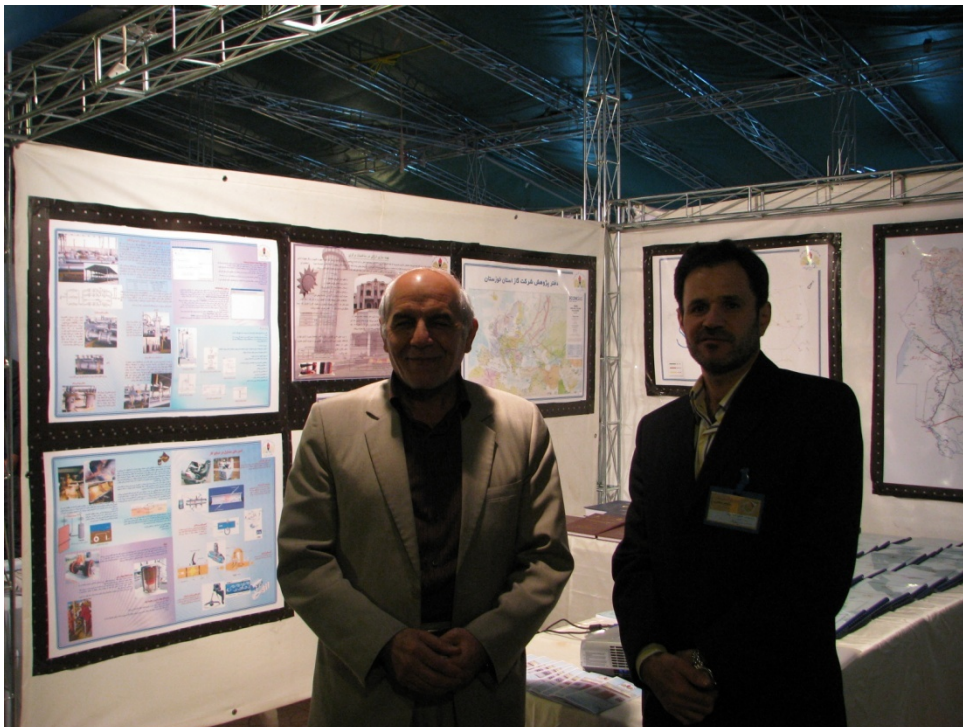
از روز سوم نمایشگاه از مرکز پژوهش پالایشگاه گاز بیدبلند به غرفه ملحق شدند و با ارائه استند، اسلاید، پوستر، کارهای پژوهشی انجام شده و اولویت‌های پژوهشی به معرفی آن مرکز پرداختند. بازدیدکنندگان در این مدت از ساعت ۱۶ الی ۲۲ از غرفه بازدید کردند، که عمده آنان را صنعتگران، دانشجویان و اساتید دانشگاه‌ها تشکیل می‌دادند. از جمله اساتید می‌توان آقای دکتر زرگر شوشتری ریاست محترم دانشگاه شهید چمران اهواز، آقای دکتر خلیل شهبازی ریاست دانشکده نفت اهواز، آقای دکتر مسیبی بهبهانی مدیر گروه مهندسی فراوری و انتقال گاز دانشکده نفت اهواز، آقای دکتر سنجابی مدیر گروه نانو مواد دانشگاه تربیت مدرس، آقای دکتر مدائیان و آقای دکتر بهرامی را نام برد.

سوالات متداول در خصوص نوع و نحوه ی ارایه پروژه های شرکت گاز و پالایشگاه بیدبلند و فعالیت های مرکز در این خصوص مطرح می‌شد، پیشنهاداتی نیز درمورد مباحث خوردگی در خطوط انتقال از سوی اساتید و دانشجویان بیان شد و از آن جمله می‌توان کاربرد فناوری نانو در این زمینه را نام برد.

۱.۱.۷ غرفه دفتر پژوهش از نگاه دوربین



شکل ۱.۷: بازدید ریاست محترم دانشگاه آقای دکتر زرگر شوشتری از غرفه



شکل ۲.۷: آقای دکتر بهبهانی نژاد و آقای دکتر زرگر شوشتری ریاست محترم دانشگاه



شکل ۳.۷: نمایی از غرفه



شکل ۴.۷: نمایی از استند شرکت گاز و پوسترهای ارائه شده



شکل ۵.۷: استندهای ارائه شده در هفته پژوهش



شکل ۶.۷: بازدیدکنندگان از غرفه



شکل ۷.۷: بازدیدکنندگان از غرفه



شکل ۸.۷: همکار پژوهشی پالایشگاه بیدبلند و دفتر پژوهش در غرفه



شکل ۹.۷: غرفه‌های شرکت کننده در هفته پژوهش



شکل ۱۰.۷: غرفه‌های شرکت کننده در هفته پژوهش

اکنون که زمانی بیش از ۳ سال از تاسیس دفتر پژوهش می‌گذرد، به‌منظور معرفی و آشنایی علاقه‌مندان با اهداف و زمینه‌های فعالیت دفتر پژوهش بروشوری با محتوای مطالبی در مورد اهداف و زمینه‌های فعالیت دفتر پژوهش طراحی و ارائه گردید که در شکل ۱۱.۷ و شکل ۹.۳ دیده می‌شود.

 <p>نشانی صفحه ابتدایی این سایت به‌صورت ذیل می‌باشد: www.khgcro.scu.ac.ir</p> <p>همچنین این نشانی پراحتی و از طریق صفحه اصلی وبسایت دانشگاه شهید چمران (www.scu.ac.ir) و از رهگیری لینک مراکز در این صفحه امکاپذیر است.</p> <p>دستوردها و چشم‌اندازها</p> <p>با حمایت پژوهشی این مرکز و شرکت گاز استان خوزستان تاکنون طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌های بسیاری در زمینه گاز طبیعی و در سطوح کارشناسی و کارشناسی ارشد به مرحله اتمام رسیده‌اند که در این میان چندین پایان‌نامه کارشناسی ارشد از حمایت مالی شرکت نیز برخوردار بوده‌اند.</p> <p>این مرکز وظیفه خود می‌داند که در راستای تحقق چشم‌انداز بیست ساله کشور و داشتن ایرانی سرزنده در زمینه صنعت گاز طبیعی به علاقه‌مندی که مایلند در زمینه فرآیندهای انتقال، توزیع و مصرف گاز طبیعی فعالیت پژوهشی داشته باشند همکاری نماید.</p> <p>به مناسبت هفته پژوهش ۲۱ الی ۲۶ آذرماه ۸۸</p> <p>تلفن داخلی دانشگاه: ۵۷۲۷ و ۵۷۲۸ تلفنکس: ۰۶۱۱-۳۳۲۵۳۹۸ Email: khgcro@scu.ac.ir</p>	<p>مکان</p> <p>این دفتر در حال حاضر در محوطه باز دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران و مجاور کتابخانه این دانشکده واقع است. دفتر پژوهش گاز دارای چهار اتاق اصلی مشتمل بر مدیریت مرکز، کارشناسان، سالن جلسات و یک سایت کامپیوتر بوده که به سایر پژوهشگران و دانشجویانی که در راستای اهداف دفتر فعالیت دارند سرویس دهی می‌نماید.</p> <p>وبسایت و فعالیت آنلاین</p> <p>دفتر پژوهش شرکت گاز خوزستان در راستای سهولت دسترسی دانشجویان، اساتید و محققین محترم به فعالیت‌های جاری و پیشین این مرکز، اقدام به طراحی وبسایتی پژوهشی با ارائه لینک‌های دانلود گزارشات ماهانه لیست کتب موجود در این دفتر، طرح‌های تحقیقاتی و معرفی پرسنل و برخی خبرهای مرتبط با صنعت گاز نموده است.</p> 
---	--

شکل ۱۱.۷: بروشور معرفی دفتر پژوهش شرکت گاز-۱

<p>اهداف</p> <p>دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان با تکیه بر توانمندی‌های آخوین نروایی‌ها و تکنولوژی‌های جدید در صنایع گاز و مرتبط با فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان و نیز ایجاد یک پست پژوهشی جهت سوره دادن فعالیت‌های تحقیقاتی اعضاء هیئت علمی و دانشجویان به سمت تازه‌های تحصیلاتی آن شرکت تأسیس گردید. اهم اهداف فراسرویی این دفتر به شرح ذیل می‌باشند:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ پیگیری و یافتن آخوین نروایی‌ها و تکنولوژی‌های جدید در زمینه صنعت گاز مرتبط با فرآیندها و فعالیت‌های شرکت گاز خوزستان ✓ جستجوی کلیه‌های کلیه‌های و اینترنتی در زمینه آخوین پلانه‌های علمی و پژوهشی در زمینه گاز در داخل و خارج کشور ✓ ارائه مشاوره در زمینه مسائل و مشکلاتی که توسط شرکت گاز استان خوزستان به این دفتر ارجاع می‌شود ✓ تهیه بانک اطلاعاتی از دروسات تحصیلاتی گاز در داخل و خارج کشور ✓ ارائه گزارش‌های ماهانه، سالیانه و فنی در ارتباط با فرآیندها و فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان <p>آرشیو تخصصی</p> <p>در آرشیو تخصصی این مرکز کتب متعددی در ارتباط با صنایع و فرآیندهای گاز طبیعی مرتبط با گاز طبیعی و جویان آن، پایان‌نامه‌های انجام‌شده و نیز ۲۵۰۰گزی نوم‌الوانی مرتبط با فعالیت‌های شرکت گاز موجود می‌باشد که می‌تواند در ارتباط با فعالیت‌های پژوهشی مرتبط دوره استفاده قرار گیرد.</p>	<p>تاریخچه</p> <p>دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان به‌طور رسمی از تیرماه ۱۳۸۵ فعالیت خود را در دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران آغاز نمود. این دفتر در ابتدا با یک حضور هیئت علمی، یک نفر دانشجوی کارشناسی ارشد و یک کارشناسی کار خود را شروع کرده و در حال حاضر با تکیه بر توانمندی‌های آخوین نروایی‌ها و تکنولوژی‌های جدید در صنایع گاز و مرتبط با فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان و نیز ایجاد یک پست پژوهشی جهت سوره دادن فعالیت‌های تحقیقاتی اعضاء هیئت علمی و دانشجویان به سمت تازه‌های تحصیلاتی آن شرکت تأسیس گردید. اهم اهداف فراسرویی این دفتر به شرح ذیل می‌باشند:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ پیگیری و یافتن آخوین نروایی‌ها و تکنولوژی‌های جدید در زمینه صنعت گاز مرتبط با فرآیندها و فعالیت‌های شرکت گاز خوزستان ✓ جستجوی کلیه‌های کلیه‌های و اینترنتی در زمینه آخوین پلانه‌های علمی و پژوهشی در زمینه گاز در داخل و خارج کشور ✓ ارائه مشاوره در زمینه مسائل و مشکلاتی که توسط شرکت گاز استان خوزستان به این دفتر ارجاع می‌شود ✓ تهیه بانک اطلاعاتی از دروسات تحصیلاتی گاز در داخل و خارج کشور ✓ ارائه گزارش‌های ماهانه، سالیانه و فنی در ارتباط با فرآیندها و فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان 
--	---

شکل ۱۲.۷: بروشور معرفی دفتر پژوهش شرکت گاز-۲

در برگه معرفی دفتر، موارد مختلفی از جمله تاریخچه، اهداف و شرح خدمات و سایر مطالب مربوط دفتر پژوهش شرکت گاز استان خوزستان به چشم می‌خورد. ضمناً سعی بر آن شد فعالیت‌های انجام شده توسط دفتر به شکل بروشورهای دیگری در اختیار بازدیدکنندگان قرار گیرد. از طرف دیگر کلیه طرح‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌های دانشجویی و گزارشات ماهانه مرتبط با دفتر برای مشاهده علاقمندان در غرفه قرار داده شده بود.

در ادامه معرفی زمینه فعالیت‌های انجام شده توسط دفتر، چندین پوستر در غرفه استفاده شد. در این پوسترها زمینه‌هایی که مورد مطالعه دفتر پژوهش قرار گرفته‌اند به طور مختصر معرفی شده‌اند. علاوه بر پوسترهای طراحی و ارائه شده در سال‌های پیش، دو پوستر جدید مربوط به فعالیت‌های اخیر دفتر آماده و چاپ گردید. یکی از این پوسترها مرتبط با معرفی نرم‌افزار انتخاب کنتور بوده که توسط دفتر پژوهش طراحی و آماده شده است (شکل ۱۳.۷). پوستر دیگر چکیده‌ای از نتایج بهینه‌سازی ساختمان‌های شرکت گاز را در بر دارد و نمایی از آن در شکل ۱۴.۷ ارائه شده است.

نرم افزار انتخاب کنتور

این نرم افزار قابلیت انتخاب انواع کنتورهای دیافراگمی و توریینی مورد استفاده در صنایع گازرسانی را دارا می باشد همچنین این نرم افزار می تواند بر اساس بعد از انتخاب کنتور مناسب توسط نرم افزار امکان مشاهده خصوصیات کلی کنتور مناسب، سایز مطلوب و شرکت های سازنده این نوع کنتورها در برنامه وجود دارد. بدین ترتیب کاربر می تواند ضمن مشاهده انواع مدل های شرکت های مختلف، مدل مناسبی را که توسط نرم افزار پیشنهاد می شود و همچنین خصوصیات این مدل ها را ملاحظه کند. علاوه بر آن، امکانات جانبی دیگری نظیر تبدیل واحد پارامترهای مختلف در نرم افزار گنجانده شده است.

صفحه ابتدایی نرم افزار

این نرم افزار بعد از وارد کردن اطلاعات اولیه لازم امکان ساده پارامترهای مختلفی مثل سرعت جریان گاز عبوری در حدهای مختلف، دبی اسمی، دبی حداقل و دبی حداکثر تور در شرایط غیر استاندارد، ضریب فشاری (FP)، ضریب بایی (FT) و ضریب تراکم پذیری (Z)، خصوصیات مختلف گاز مورد نظر مثل دمای بحرانی، فشار بحرانی، دمای هش یافته، فشار کاهش یافته و ضریب تراکم پذیری آن و همچنین محدوده جریان فشار بالا و فشار پایین وجود دارد.

صفحه ورود اطلاعات

صفحه انتخاب نوع کنتور

شکل ۱۳.۷: پوستر معرفی نرم‌افزار انتخاب کنتور

نرم افزار انتخاب کنتور

در این پوستر به تشریح مختصر نرم افزار انتخاب کنتور پرداخته ایم، این نرم افزار قابلیت انتخاب انواع کنتورهای دیافراگمی و توربینی مورد استفاده در صنایع گازرسانی را دارا می باشد همچنین این نرم افزار می تواند بر اساس خصوصیات مورد نظر کاربر، نوع کنتور مناسب را پیشنهاد دهد.

خصوصیاتی که همگی توسط کاربر بایستی در ابتدا به نرم افزار داده شود شامل موارد زیر می باشد:

- خصوصیات گاز
- فشار محیطی
- شرایط عملیاتی کنتور یعنی دبی، دما و فشار اسمی
- دقت اندازه گیری
- سایز خط لوله ای که قرار است کنتور روی آن نصب گردد .

در این نرم افزار بعد از وارد کردن اطلاعات اولیه لازم امکان مشاهده پارامترهای مختلفی مثل سرعت جریان گاز عبوری در واحدهای مختلف، دبی اسمی، دبی حداقل و دبی حداکثر کنتور در شرایط غیر استاندارد، ضریب فشاری (FP)، ضریب دمایی (FT) و ضریب تراکم پذیری (Z/1)، خصوصیات مختلف گاز مورد نظر مثل دمای بحرانی، فشار بحرانی، دمای کاهش یافته، فشار کاهش یافته و ضریب تراکم پذیری آن و همچنین محدوده جریان فشار بالا و فشار پایین وجود دارد. بعد از انتخاب کنتور مناسب توسط نرم افزار امکان مشاهده خصوصیات کلی کنتور مناسب، سایز مطلوب و شرکت های سازنده این نوع کنتورها در برنامه وجود دارد .

بدین ترتیب کاربر می تواند ضمن مشاهده انواع مدل های شرکت های مختلف، مدل مناسبی را که توسط نرم افزار پیشنهاد می شود و همچنین خصوصیات این مدل ها را ملاحظه کند. علاوه بر آن، امکانات جانبی دیگری نظیر تبدیل واحد پارامترهای مختلف در نرم افزار گنجانده شده است.

بهینه سازی مصرف انرژی

باتوجه با اینکه بخشی از فعالیت های دفتر در راستای ممیزی انرژی ساختمان های شرکت گاز بود، پوستری نیز از مباحث مربوط به ممیزی انرژی ساختمان مرکزی تهیه و در غرفه به نمایش عموم گذاشته شد که شکل ۱۴.۷ نمایی از این پوستر را نشان می دهد..



گاز پژوهش شرکت گاز استان خوزستان
مهر ۱۳۹۵
دانشگاه خوارزمی اهواز

بهینه سازی انرژی در ساختمان مرکزی

ساختمان مرکزی شرکت گاز استان خوزستان ساختمانی با کاربری اداری بوده که تعداد اتاق‌های آن برابر با ۱۲۳ اتاق و تعداد افراد شاغل در آن با احتساب پراجمین نزدیک به ۳۰۰ نفر می‌باشد. اکثر اتاق‌ها مجهز به کامپیوتر و دیگر تجهیزات اداری بوده که تعداد دقیق آنها مشخص شده و به عنوان ورودی به نرم‌افزار وارد شده‌است. سیستم روشنایی ساختمان مرکزی اقبال لاسپ‌های مهتابی بوده و تعداد کل ۴۱۵ عدد لاسپ مهتابی و ۴۰ عدد لاسپ کم‌مصرف مورد استفاده این ساختمان می‌باشد. برای سرمایه‌ش در این ساختمان یک چیلر تراکم ۱۶۰ این با کمپرسور رفت و برگشتی و کندانسور آبی استفاده شده و پایانه های یکاز رفته در ساختمان در اتاق‌ها فن کوئیل و کوئیل گازی می‌باشد.

تعمیرات

با تنظیم دمای اتاق‌های ساختمان مرکزی روی دماهای فوق در فصول زمستان و تابستان مقدار AT کاهش می‌یابد و بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان و مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی ساختمان بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت. در فصول سرد به ازای یک درجه کاهش دمای اتاق ۱.۵٪ کاهش مصرف انرژی و در فصول گرم با افزایش یک درجه سانتیگراد به دمای اتاق ۱.۱٪ کاهش مصرف مشاهده می‌گردد.

جدول ۵-۲: تنظیم دمای داخل در فصول گرم برای ساختمان مرکزی

میزان سرمایش‌گذاری (ریال)	مقدار صرفه‌جویی در توان مصرفی (KW)	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل
۲۱۱		۷۱.۳٪

استفاده از نور طبیعی

با ورود هوای خارج مقداری از حرارت داخل ساختمان بصورت گرمای نهان در اثر اختلاف رطوبت نسبی داخل و خارج و مقداری نیز به صورت گرمای محسوس ناشی از اختلاف دمای داخل و خارج تلف می‌گردد.

جدول ۶-۲: استفاده از نور طبیعی برای ساختمان مرکزی

میزان سرمایش‌گذاری (ریال)	مقدار صرفه‌جویی در توان مصرفی (KW)	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل
۳۴۵,۸۰۰	۴۴	۱۲.۲٪



عایق کاری ساختمان‌ها

دیوارها در حدود پنجاه درصد از انرژی داخل ساختمان را هدر می‌دهند. در نتیجه با عایق کاری جدار خارجی می‌توان مانع از اتلاف حرارتی شد. این راهکار برای ساختمان مرکزی لحاظ شده است و نتایج آن در جدول ۲-۲ ارائه شده‌است. نتایج آن ذکر است مقدار صرفه‌جویی شده نسبت به بیک مصرف می‌باشد.

جدول ۲-۲: به‌کارگیری عایق حرارتی دیوار برای ساختمان مرکزی

میزان سرمایش‌گذاری (ریال)	مقدار صرفه‌جویی در توان مصرفی (KW)	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل
۱۷,۳۳۸,۰۰۰	۳۷	۰.۲۱٪

رادکارهای بهینه‌سازی انرژی در ساختمان

فرصتهای صرفه جویی انرژی با در اصطلاح ECO مجموعه اقداماتی است که در نتیجه آن مصرف انرژی در ساختمان کاهش می‌یابد. فرصتهای صرفه‌جویی انرژی برحسب اینکه نتیجه مستقیم آنها در کدام قسمت ساختمان مشاهده شود، تقسیم‌بندی می‌گردند. در این دسته بندی فرصتهای صرفه‌جویی انرژی به شش بخش زیر تقسیم شده‌اند.

- پوشش ساختمان
- گرمایش و سرمایش فضا
- آب گرم مصرفی
- گرمایش و سرمایش مواد غذایی
- سیستم روشنایی
- لوازم برقی

استفاده از منابع نوری راندمان بالا

این راهکار می‌تواند شامل تعویض لامپ‌های رشته‌ای با کم مصرف یا کاهش لامپ‌ها شود.

جدول ۸-۲: استفاده از منابع نوری راندمان بالا برای ساختمان مرکزی

میزان سرمایش‌گذاری (ریال)	مقدار صرفه‌جویی در توان مصرفی (KW)	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل
۱۸۲,۲۰۰,۰۰۰	۲,۲۷	۰.۱۳٪

جدول ۳-۲: به‌کارگیری عایق حرارتی با هم برای ساختمان مرکزی

میزان سرمایش‌گذاری (ریال)	مقدار صرفه‌جویی در توان مصرفی (KW)	درصد صرفه‌جویی شده در مصرف کل
۱۱,۱۴۵,۰۰۰	۱۰	۰.۰۳٪

شکل ۱۴.۷: پوستر بهینه‌سازی انرژی در ساختمان مرکزی شرکت گاز استان خوزستان

۸ سایر فعالیت‌ها

در کنار انجام برنامه‌های از پیش تعیین شده‌ی دفتر در برنامه‌ریزی سالیانه، بسته به نیاز فعالیت‌های دیگری انجام گرفته که در این فصل بدان‌ها اشاره می‌شود. عمده‌ی این فعالیت‌ها عبارت از موارد ذیل می‌باشد.

- بررسی روش‌های عددی شبیه‌سازی جریان درون کنتورهای گاز توربینی
- معرفی آچارهای قابل تنظیم
- تعریف پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مرتبط با گاز

۱.۸ روش‌های عددی شبیه‌سازی جریان درون کنتورهای گاز توربینی

هدف از این مطالعات این است که مشخص شود در ارتباط با این فعالیت چه کارهایی در سطح کشور و یا دنیا انجام شده‌است. بدین ترتیب در ارتباط با نحوه صحیح بکارگیری کنتورهای توربینی زوایای بیشتری روشن خواهد شد.

در این راستا بررسی روش‌های عددی یکی از سرفصل‌های اصلی شبیه‌سازی جریان درون کنتورهای گازی توربینی و تخمین دقت اندازه‌گیری آنها می‌باشد. لذا عمده‌ی فعالیت‌های انجام شده در دفتر نیز با تکیه بر این روش به تحلیل و بررسی اندازه‌گیری جریان توسط دبی‌سنج‌های توربینی می‌باشد. بدین منظور با جستجوهای اینترنتی انجام‌شده در این زمینه، نتایج این مطالعات در گزارش حاضر به تفصیل ارائه شده‌است.

در این گزارش، مطالعه نسبتاً جامعی در میان مجموعه مقالات مرتبط با روش‌های عددی در علم اندازه‌گیری جریان مربوط به دبی‌سنج‌های توربینی انجام شده‌است. لذا کاربردهای روش‌های عددی در زمینه اندازه‌گیری دبی حجمی و جرمی انواع گازها و سیالات دیگر در دبی‌سنج‌های توربینی مورد بحث قرار گرفته‌است. برخی از این کاربردها در ارتباط با میدان جریان قبل از ورود به دبی‌سنج‌های

توربینی می‌باشند که می‌توانند در دقت اندازه‌گیری آن تاثیرگذار باشند. برخی دیگر از کاربردها در ارتباط با شبیه‌سازی میدان جریان درون خود دبی‌سنج می‌باشند و در نهایت نیز بطور مختصر کاربرد روش مونت کارلو در ارتباط با تخمین خطای اندازه‌گیری دبی‌سنج‌ها ارائه شده‌است.

۱.۱.۸ اهمیت دقت در اندازه‌گیری جریان

در مبحث اندازه‌گیری جریان، دستگاه‌ها و روش‌های متعدد و بسیاری وجود دارد که بسته به فرآیند، خصوصیات سیال مورد استفاده، فشار و بخصوص دقت مورد نیاز و غیره یکی از آنها را می‌توان جهت اندازه‌گیری استفاده نمود. ضمن اینکه برای انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری نمی‌توان نسخه‌ای از قبل پیچیده‌شده را برای تمامی شرایط تجویز نمود. شرایط ویژه گاز پس از عبور از خطوط انتقال از نقطه نظر ذرات معلق موجود و آلودگی‌های احتمالی بخصوص روغن‌ها، گریس‌ها به همراه محصولات خوردگی همه و همه ایجاب می‌نماید که در انتخاب سیستم اندازه‌گیری برای هر شرایط تفاوت‌هایی را قائل شد [۱].

شاید در واحدهای عملیاتی (پالایشگاه و ...) یکی از دستگاه‌های مناسب اندازه‌گیری دبی‌سنج‌های اریفیزی باشد (در حال حاضر رویکرد جهانی بنا به مستندات موجود و تحقیقات بعمل آمده حتی در صنایع، به سمت استفاده از سیستم‌های اندازه‌گیری جدید با پتانسیل‌های بالاتر می‌باشد و حتی در ایران نیز در شرکت ملی صنایع گاز در پروژه‌های جدید و نیز در قسمت بارگیری و فروش محصولات جهت صادرات از دبی‌سنج‌های دیگر غیر از اریفیس استفاده شده است) ولی استفاده از دبی‌سنج‌های اریفیزی را نمی‌توان بطور کلی در همه موارد تعمیم داد. دقت اندازه‌گیری در مدیریت گازرسانی و فروش از بالاترین اهمیت برخوردار است چرا که در جهان کنونی همه چیز و هر کارکردی بر مبنای اقتصاد و سودآوری با ریزنگری بسیار بالا مدنظر می‌باشد. طبیعی است هرچه میزان گاز عبوری از دستگاه اندازه‌گیری بیشتر گردد، دقت اندازه‌گیری نیز می‌بایست بالاتر رود بدلیل اینکه حتی خطائی معادل ۰.۵٪ ممکن است در حجم‌های میلیون‌ها دراز مدت زیان‌های مالی بسیاری را بر شرکت تحمیل نماید و این دقیقاً همان چیزی است که باعث شده افزایش دقت یک دستگاه اندازه‌گیری به میزان ۱٪ قیمت دستگاه را نسبت به مشابه خود دو برابر نماید. در علم اقتصاد و بحث مدیریت صنعتی می‌توان با افزایش هزینه سرمایه‌گذاری میزان هزینه‌های جاری را کم کرد و بنابراین با خرید و سرمایه‌گذاری جهت سیستم‌های اندازه‌گیری مطمئن‌تر و با دقت بالاتر حتی با قیمت چند برابر در دراز مدت اثرات آن در سودآوری شرکت‌ها کاملاً آشکار خواهد شد. در حال حاضر رویکرد جهانی به استفاده از دبی‌سنج‌های جدید و با دقت بالاتر می‌باشد که از آن جمله می‌توان جایگزینی دبی‌سنج‌های اریفیزی موجود در ایستگاه‌های اندازه‌گیری کشور هلند در سال ۱۹۸۹ با توربینی عنوان

کرد (در آن سال قریب به ۷۲ بیلیون مترمکعب گاز در سال از ایستگاههای مذکور در حال عبور بوده است) و این تغییر در کشور استرالیا و نیز در بسیاری از نقاط دیگر جهان صورت پذیرفته است. شاید دلیل اصلی این تعویض‌ها در مرحله اول دقت بالاتر سیستم‌های جایگزین و نیز اعتماد بیشتر به آنها باشد. اصولاً برای انتخاب هر دستگاه اندازه‌گیری همان‌طور که در گزارشات دفتر قبلاً ذکر گردیده است، شرایط و نیازمندیهای عملیاتی بسیار با اهمیت می‌باشد. جهت انتخاب دبی‌سنج شرایط فشار، دما، سیال جریان‌یافته، نوسانات فشار، پروفیل جریان و بخصوص دقت^{۴۶} و عدم اطمینان^{۴۷} دستگاه را می‌بایست مدنظر قرارداد. پس واضح است که هر وضعیت خاصی نیازمند دقت و همچنین قابلیت اطمینان خاص خود می‌باشد. بدین معنی که در حجم‌ها و دبی زیاد طبیعتاً می‌بایست از دستگاه‌های با دقت بالا استفاده نمود و در ایستگاه‌های با ظرفیت پائین قطعاً نیازی به سیستم اندازه‌گیری با آن دقتی که در حجم‌های بالا مورد نیاز بوده نمی‌باشد. بنابراین با توجه به نوع ایستگاه و کاربرد آن و نیز میزان ظرفیت آن می‌بایست از دبی‌سنج مناسب آن استفاده نمود. لذا خرید دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان از یک نوع و با یک مشخصات برای تمامی شرایط انتخابی پرهزینه می‌باشد. بدین معنی که برای ایستگاه‌های با ظرفیت پائین‌تر افزایش خطای احتمالی و به نوعی قابلیت اطمینان تغییرات قابل توجهی بر روی اندازه‌گیری نمی‌گذارد ولی در ایستگاه‌هایی نظیر نیروگاه‌ها، صنایع پتروشیمی و CGS‌ها بعلت حجم زیاد گاز، بالابودن دقت از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است [۱].

به طور کلی ایستگاه‌های اندازه‌گیری با ظرفیت زیاد موجود در مدیریت گازرسانی و فروش را می‌توان از نظر وضعیت فشار، نوسانات احتمالی فشار و حداقل و حداکثر مصرف به موارد زیر طبقه بندی کرد [۱].

۱. CGS‌ها

۲. ایستگاه نیروگاه‌ها

۳. ایستگاه صنایع پتروشیمی و پالایشگاه

در ذیل هر یک از موارد ذکر شده مختصراً شرح داده می‌شود.

CGS‌ها

دقت اندازه‌گیری در CGS‌ها نظر به شرکتی‌شدن مناطق گازرسانی و طرح مسئله خرید گاز از امور خطوط لوله و فروش آن به مشتری از اهمیت بسیار زیادی برای مدیریت گازرسانی و فروش

⁴⁶ Accuracy

⁴⁷ Uncertainty

برخوردار است. بدلیل اینکه در حال حاضر نقاط تعیین کننده گاز ورودی به شهرها و در کل به استان، از طریق CGS ها مشخص می‌شود حال بعنوان مثال اگر ظرفیت CGS یک کلان شهر حدود SM3/H ۶۰۰۰۰۰ باشد تنها خطای اندکی معادل ۵٪ از بعد اندازه‌گیری اختلافی معادل SM3/Month ۲۱۶۰۰۰۰۰ تولید خواهد نمود که این رقم در سال معادل SM3/Year ۲۶۰۰۰۰۰۰ خواهد بود و اگر بصورت سرانگشتی قیمت گاز را معادل ۲۰ ریال در نظر بگیریم میزان اختلاف مالی که بوجود خواهد آمد نزدیک به ۵/۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال خواهد شد که بسیار قابل توجه می‌باشد. بنابراین در این قسمت مجدداً تایید می‌شود که در حال حاضر بحث در رابطه با شرکت‌های گاز استانی است و نه مناطق گازرسانی (سابق) و طبیعی است شرکت‌ها بنا به نیازمندی‌ها و ضروریات خود و نیز نظر به تامین منابع مالی که از طریق فروش گاز بدست می‌آید می‌بایست در بحث انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری حداکثر دقت نظر را داشته باشند. ممکن است یک دستگاه اندازه‌گیری از لحاظ هزینه‌های تعمیرات در طول سال بسیار مقرون به صرفه باشد ولی باید این هزینه‌های تعمیراتی را با هزینه‌هایی که ناشی از دقت پائین و نیز خطای تخمینی^{۴۸} پائین و نیز خطاهای احتمالی که در دستگاه از بعد اندازه‌گیری بوجود خواهد آمد مقایسه نمود. که البته بسیار واضح است که برای ایستگاهی که در مثال آورده شد به هیچ عنوان هزینه‌های تعمیراتی، قابل مقایسه با رقم معادل ۲.۵ میلیارد ریال در سال نخواهد شد و البته رقم ذکر شده در صورتی است که در طول سال دستگاه بدون هیچ‌گونه خطای احتمالی دیگری در سرویس باشد. مسئله دیگری که در بعد انتخاب دستگاه اندازه‌گیری برای CGS ها باید مد نظر قرار داد، میزان تغییرات مصرف با توجه به وضعیت آب و هوایی و حتی بسته به ساعات شبانه روز می‌باشد و نوسانات قابل توجهی بر روی آمارهای موجود ایستگاه‌ها و حتی بر روی پرینت‌های دستگاه‌های الکترونیکی تصحیح حجم گاز نظیر EK88 قابل مشاهده می‌باشد. بنابراین توجه به محدوده اندازه‌گیری جریان^{۴۹} دستگاه که یکی از پارامترهایی است که در انتخاب جریان سنج بسیار با اهمیت می‌باشد ضروری است [۱].

ایستگاه ورودی نیروگاه‌ها

در مورد نیروگاه‌ها نیز نظر به مصارف بسیار بالای آنها (بطور مثال ظرفیت ایستگاه نیروگاه‌های استان فارس بالقوه حدوداً ۵۶۰۰۰۰ متر مکعب بر ساعت می‌باشد که احتمال افزایش این میزان نیز وجود دارد) از لحاظ مقایسه‌ای و آماری می‌توان ایستگاه نیروگاه‌ها را با مثال قبل مقایسه نمود ولی در نیروگاه‌ها نیز از بعد فنی نکاتی وجود دارد که قابل تامل می‌باشد. به عنوان مثال نیروگاه‌ها در بار ثابت کار نمی‌کنند زمانی بالاتر از ظرفیت اسمی خود (بنابه مذاکرات متعددی که با کارشناسان

⁴⁸ UNCERTAINTY

⁴⁹ RANGEABILITY

نیروگاهها انجام شده) مثلاً ۱۰۵ درصد و زمانی بعلت اشکال در یک ژنراتور و یا توربین و یا هر مسئله دیگر بار مصرفی بسیار پائین خواهد آمد. بنابراین مورد ذکر شده را می‌بایست در مورد انتخاب سیستم‌های اندازه‌گیری مد نظر قرارداد [۱].

ایستگاه‌های پتروشیمی

ایستگاه‌های پتروشیمی نیز ظرفیت بسیار بالایی دارند. بنابراین دقت اندازه‌گیری و دستیابی به حداکثر دقت ممکنه و جلوگیری از خطاهای احتمالی بسیار با اهمیت می‌باشد. در کارخانجات پتروشیمی مصرف گاز عمدتاً جهت دو مورد ذیل می‌باشد [۱].

۱. جهت واحدهای مادر و اصلی که خوراک آنها گاز طبیعی است. نظیر واحد آمونیاک در مجتمع‌های شیمیائی و واحدهای اولفین در مجتمع‌های پتروشیمی و یا واحدهای مشابه نظیر متانول و ... ۲- جهت توربین‌های گازی (در مجتمع‌های پتروشیمی بعلت در دسترس بودن بخار معمولاً از توربین‌های بخار جهت تولید برق استفاده می‌گردد).

۲. در حالت کلی، تغییرات بار مصرف در ایستگاه‌های پتروشیمی زیاد نمی‌باشد ولی در شرایط خاص مثلاً در خاموشی اضطراری واحدهای مادر و اصلی و یا در زمان تعمیرات اساسی آنها میزان مصرف گاز به شدت کاهش می‌یابد که البته در این خصوص می‌بایست در مجتمع‌های پتروشیمی ایستگاه‌های مجزا تعبیه نمود و به عبارتی دیگر تغییراتی در طراحی ایجاد نمود تا بتوان از بعضی مشکلات احتمالی پیشگیری نمود.

خلاصه اینکه در واحدهای پتروشیمی نیز دقت اندازه‌گیری و جلوگیری از بروز خطاهای احتمالی و نیز طراحی ایستگاه به نحوی که در صورت نیاز یک سیستم اندازه‌گیری به تعمیرات احتمالی اندازه‌گیری در ایستگاه مختل نشود یعنی دستگاه جانشین وجود داشته باشد، ضروری می‌باشد [۱].

اما در مورد ایستگاه‌های با ظرفیت پائین، حدود $5000 \text{ SM}^3/\text{H}$ لزوم دستیابی به دقت بالا چندان اهمیتی ندارد. معمولاً این‌گونه ایستگاه‌ها نوسانات بار کمی دارند و میزان مصرف آنها تقریباً قابل پیش‌بینی و ثابت می‌باشد. ضمن اینکه بعلت بالا نبودن میزان مصرف در صورت ایجاد خطاهای احتمالی مسائل مالی قابل توجهی را بدنبال نخواهد داشت. بنابراین برای این‌گونه ایستگاه‌ها میتوان طیف وسیعی از دستگاه‌های اندازه‌گیری را پیشنهاد نمود [۱].

پس از توضیحات کلی و مباحث آماری موجود، به بررسی ویژگی‌های دستگاه‌های رایج و پرکاربرد اندازه‌گیری جریان که می‌توانند در ایستگاه‌های اندازه‌گیری گاز کشور مورد استفاده قرار

گیرند پرداخته می‌شود. البته در زمینه دستگاه‌های اندازه‌گیری بسیاری از شرکت‌های سازنده و موسسات تحقیقاتی چنین مطالعاتی را انجام داده‌اند که مطالب زیر برآیند این مطالعات و تحقیقات می‌باشد [۱].

۲.۱.۸ اصول اندازه‌گیری دبی و دسته بندی دبی سنج‌ها

در اینجا به بررسی اصول اندازه‌گیری دبی، دسته‌بندی دبی‌سنج‌ها و مقایسه آنها پرداخته می‌شود. بعضی از فلومترها، میزان دبی لحظه‌ای سیال (حجمی یا جرمی) را در واحد زمان اندازه‌گیری می‌کنند و برخی دیگر مقدار کل حجم یا جرم منتقل شده در یک بازه زمانی را اندازه‌گیری می‌کنند. یک دبی‌سنج شامل سه بخش اصلی است: ابزار اولیه^{۵۰} که مستقیماً با سیال در ارتباط است، مبدل^{۵۱} که جریان عبوری از ابزار اولیه را به یک سیگنال قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند، و فرستنده^{۵۲} که یک سیگنال الکتریکی متناسب با جریان و منطبق با استانداردهای مورد نیاز ارسال می‌کند [۲].

بدین ترتیب جریان سیال با دو مفهوم دبی حجمی و دبی جرمی قابل اندازه‌گیری است. حجم انتقال سیال در واحد زمان، دبی حجمی نامیده می‌شود و واحد اندازه‌گیری آن در سیستم SI عبارتست از: m^3/s . چنانچه لوله ای با سطح مقطع A را در نظر بگیریم که سیالی با سرعت متوسط V از داخل آن عبور می‌کند، دبی حجمی سیال به صورت زیر قابل محاسبه است [۲]:

$$Q(m^3/s) = A(m^2) \times V(m/s) \quad (1-8)$$

در صورتی که چگالی سیال (ρ) نیز مشخص باشد، دبی جرمی آن بر حسب kg/s به صورت زیر محاسبه می‌شود [۲]:

$$W(kg/s) = Q(m^3/s) \times \rho(kg/m^3) \quad (2-8)$$

علاوه بر واحدهای SI، واحدهای دیگری مانند Gallons/hour یا Liters/minute بر اساس محدوده دبی، نوع کاربرد و موقعیت جغرافیایی به کار می‌رود که نحوه تبدیل آنها در جداول مربوطه ارائه شده است [۲].

در دبی‌سنج‌ها از روش‌های فیزیکی بسیار متنوعی برای تبدیل دبی به یک کمیت قابل اندازه‌گیری استفاده می‌شود و لذا انواع آنها را از نظر ساختار داخلی می‌توان به صورت زیر دسته بندی نمود [۲]:

- دبی‌سنج‌های سرعتی:

⁵⁰ Primary device

⁵¹ Transducer

⁵² Transmitter

با اندازه‌گیری سرعت حرکت سیال، دبی حجمی آن را از حاصلضرب سرعت در سطح مقطع لوله محاسبه می‌کنند. در حقیقت سطح مقطع لوله به عنوان یکی از مفروضات این نوع سنسورها خواهد بود.

- دبی‌سنج‌های حجمی:

این نوع دبی‌سنج‌ها مستقیماً حجم سیال عبوری را اندازه‌گیری می‌کنند. به عبارت دیگر اندازه‌گیری دبی حجمی در این سنسورها نیازی به اطلاع از قطر لوله ندارد ولی برای محاسبه دبی جرمی از ضرب نمودن دبی حجمی در چگالی سیال استفاده می‌شود.

- دبی‌سنج‌های جرمی:

مستقیماً جریان جرمی سیال را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل و آن را اندازه‌گیری می‌کند. در حقیقت اندازه‌گیری دبی جرمی در این سنسورها، نیازی به اطلاع از چگالی سیال ندارد.

- دبی‌سنج‌های استنباطی:

این نوع سنسورها هیچ یک از پارامترهای سرعت، حجم یا جرم را اندازه‌گیری نمی‌کند بلکه پارامترهای دیگری را که از نظر فیزیکی با دبی تغییر می‌کند اندازه‌گیری نموده و سپس دبی را بر اساس آن استنتاج می‌کند. این استنتاج بر اساس روابط فیزیکی و منحنی‌های کالیبراسیون سنسور انجام می‌شود.

شکل ۱.۸ دسته‌بندی روش‌های اندازه‌گیری دبی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه هر یک از این روش‌ها برای کاربردهای خاصی مناسب هستند، در ادامه این بخش به بررسی اصول فیزیکی حاکم بر دبی‌سنج‌های توربینی و مقایسه مشخصات آنها پرداخته می‌شود [۲].

- دبی سنج‌های حجمی یا جابجایی مثبت (Positive Displacement)

- دبی سنج‌های سرعتی

- دبی سنج‌های جرمی

- کوریولیس (Coriolis)
- حرارتی (Thermal)

- دبی سنج‌های استنباطی

- سطح متغیر (Variable Area)

- اختلاف فشاری (Differential Pressure)

- سپری (Target)

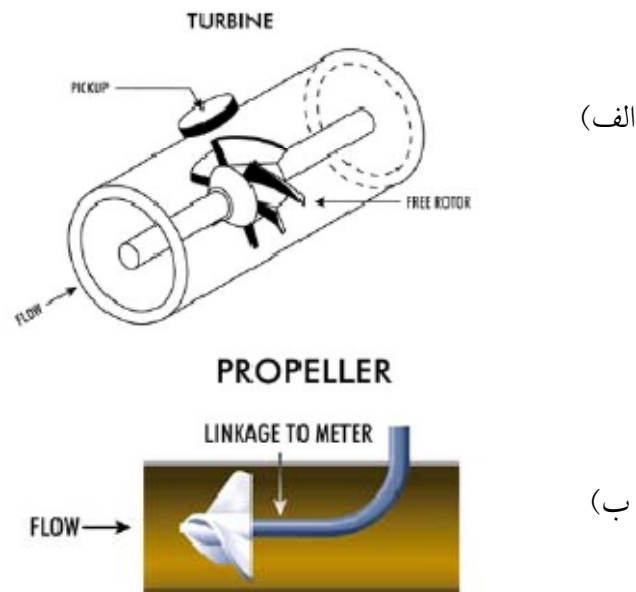
شکل ۱.۸: دسته‌بندی دبی‌سنج‌ها از نظر روش اندازه‌گیری

۳.۱.۸ دبی‌سنج‌های توربینی

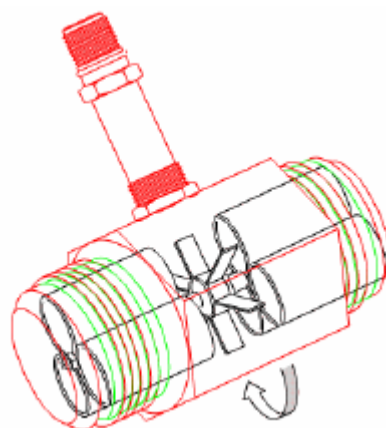
همان‌طور که در بررسی دبی‌سنج‌های سرعتی ذکر گردید اساس کار این فلومترها اندازه‌گیری سرعت میانگین جریان سیال در لوله و سپس محاسبه دبی حجمی از حاصلضرب سرعت در سطح مقطع لوله می‌باشد. انواع روش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری سرعت سیال شامل روش آلتراسونیک، توربینی، الکترومغناطیسی و ریزش‌گردابه است که در ادامه این بخش تنها به روش توربینی پرداخته می‌شود [۲].

در فلومترهای توربینی، با استفاده از انرژی مکانیکی جریان سیال یک روتور فرفره‌ای به چرخش در می‌آید. پره‌های نصب‌شده روی روتور انرژی جنبشی جریان سیال را به انرژی مکانیکی از نوع چرخشی تبدیل می‌کنند و سرعت دوران روتور با سرعت حرکت سیال متناسب است. بنابراین با اندازه‌گیری سرعت دورانی روتور می‌توان به سرعت جریان سیال و در پی آن به دبی حجمی پی برد. کل حجم منتقل‌شده نیز با اندازه‌گیری کل زاویه چرخش امکان‌پذیر است. دوران روتور به دو روش مکانیکی یا الکترومغناطیسی قابل تشخیص است. شکل ۲.۸ دو روش انتقال مکانیکی و مغناطیسی را نشان می‌دهد. در شکل (الف) عبور هر یک از پره‌ها از مقابل سنسور مغناطیسی موجب تولید یک پالس در خروجی سنسور می‌شود. هر چه سرعت حرکت سیال افزایش یابد فرکانس پالس خروجی سنسور نیز افزایش خواهد یافت و لذا یک ترانس‌میتر می‌تواند با اندازه‌گیری فرکانس پالس یا شمارش تعداد پالس‌ها، هر یک از پارامترهای دبی حجمی یا کل حجم را محاسبه کند. در شکل (ب) دوران

روتور از طریق یک واسط انعطاف‌پذیر به بیرون از لوله منتقل می‌شود. سپس این واسط براساس نیاز به مبدل‌های مختلفی مانند کانتر مکانیکی، عقربه آنالوگ و یا تاکومتر متصل می‌شود [۲].



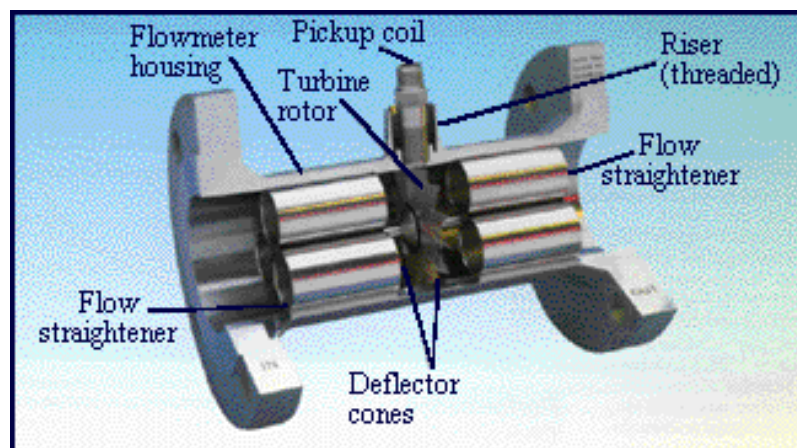
شکل ۲.۸: ساختمان دو نوع فلومتر توربینی، (الف) اندازه‌گیری مغناطیسی، (ب) اندازه‌گیری مکانیکی
دبی‌سنج‌های توربینی عمدتاً برای اندازه‌گیری سرعت گازها و مایعات تمیز به کار می‌روند. به دلیل دارا بودن قطعات متحرک، کاربرد آنها در مایعاتی که خاصیت روانکاری دارند به راحتی انجام می‌شود ولی در مورد سایر مایعات باید توجه ویژه به جنس مواد به کار رفته و روش روانکاری قطعات متحرک صورت پذیرد. شکل ۳.۸ نحوه عمومی تعلیق روتور و ارتباط اجزاء متحرک را نشان می‌دهد. همچنین دقت بالای این دبی‌سنج‌ها موجب شده که کاربرد آنها در سیالات قیمتی مانند فرآورده‌های نفتی توسعه یابد [۲].



شکل ۳.۸: روش عمومی تعلیق روتور در مسیر جریان سیال

نکات مهم در به کارگیری دبی‌سنج‌های توربینی عبارتند از [۲]:

- این دبی‌سنج‌ها به علت وجود اصطکاک در یاتاقان‌ها، در سرعت‌های کم از دقت کمی برخوردارند؛ لذا در هنگام انتخاب و بهره‌برداری باید دقت شود که همواره از حداقل 5% رنج دینامیکی آن استفاده شود.
 - فلومترهای توربینی در سرعت‌های بالا دچار سایش و خرابی زودرس می‌شوند. انتخاب این فلومترها برای سیالات غیرروانکار باید با در نظر گرفتن ملاحظات ویژه و دقت به جنس و روش روانکاری صورت پذیرد.
 - از اعمال شوک‌های ناگهانی (مانند تغییر سیال از گاز به مایع) باید جلوگیری شود زیرا تنش‌های مکانیکی موجب کاهش دقت یا خرابی فلومتر می‌گردد.
 - دقت این فلومترها حساسیت زیادی نسبت به ویسکوزیته سیال دارد. چنانچه ویسکوزیته سیال تغییر کند (به عنوان مثال در اثر تغییرات فصلی دما)، کالیبراسیون این فلومترها باید مورد بررسی قرار گیرد.
- ضمناً این نوع دبی‌سنج از نوع دبی‌سنج‌هایی است که دارای دو نوع محوری^{۵۳} و مماسی^{۵۴} می‌باشد. در نوع محوری جهت پره‌ها عمود بر جهت جریان (شکل ۴.۸) و در نوع مماسی جهت پره‌ها در موازات جریان می‌باشد (شکل ۵.۸).



شکل ۴.۸: دبی‌سنج توربینی محوری

⁵³ Axial type turbine flowmeter

⁵⁴ Tangential type turbine flowmeter



شکل ۵.۸: دبی‌سنج توربینی مماسی

در هر دو دبی‌سنج، سرعت سیال متناسب با سرعت زاویه‌ای سیال در نظر گرفته می‌شود. پره‌ها از جنسی انتخاب می‌شوند که در آنها مواد مغناطیسی بکار برده شده‌است. با چرخش پره‌ها به وسیله جریان سیال، ایجاد یک شار مغناطیسی در یک میدان مغناطیس می‌شود. هر شار ایجاد پالسی می‌کند که با اندازه‌گیری تعداد پالس‌ها به وسیله یک سنسور، سرعت سیال محاسبه می‌شود. از مزایای دبی‌سنج‌های توربینی می‌توان گفت:

- برای بازه وسیعی از مقدار جریان کاربرد دارد.
 - دقت اندازه‌گیری در آن بسیار بالا است.
 - برای سیالات مختلف با جنس‌های متنوع ساخته می‌شود.
 - به خاطر سبکی پره‌ها، در شرایطی که جریان ناگهان تغییر می‌کند امکان اندازه‌گیری دقیق وجود دارد.
- ضمناً از معایب آن، ایجاد افت فشار در جریان سیال می‌باشد.

۴.۱.۸ روش‌های عددی در اندازه‌گیری جریان در دبی‌سنج‌های توربینی

در این بخش کاربردهای روش‌های عددی در زمینه اندازه‌گیری دبی حجمی و جرمی انواع گازها و سیالات دیگر در دبی‌سنج‌های توربینی مورد بحث قرار گرفته‌است. برخی از این کاربردها در ارتباط با میدان جریان قبل از ورود به دبی‌سنج‌های توربینی می‌باشند که می‌توانند در دقت اندازه‌گیری آن

تاثیرگذار باشند. برخی دیگر از کاربردها در ارتباط با شبیه‌سازی میدان جریان درون خود دبی‌سنج می‌باشند و در نهایت نیز بطور مختصر کاربرد روش مونت‌کارلو در ارتباط با تخمین خطای اندازه‌گیری دبی‌سنج‌ها ارائه شده‌است.

تحلیل محاسباتی میدان جریان قبل از دبی‌سنج توربینی

این مسئله یکی از علایق اصلی برای سازنده‌ها و همچنین برای خریدارهای انواع دبی‌سنج‌ها می‌باشد تا بدین ترتیب به نحوی از عکس‌العمل دبی‌سنج‌ها به آشفتگی جریان معین قبل از نصب واقعی آگاهی پیدا کنند. چنانکه هر کسی بخوبی می‌داند، برای مثال، زانویی‌های ساده در لوله‌کشی‌ها، آشفتگی‌های جریانی همچون حرکت چرخشی و تغییر شکل پروفایل جریان را ایجاد می‌کنند. این اختلالات می‌توانند با استفاده از لوله‌کشی‌های مستقیم بلند یا تصحیح‌کننده‌های جریان در بالادست دبی‌سنج کاهش داده‌شوند. اما نکته قابل توجه این می‌باشد که این لوله‌کشی و تاسیسات هزینه نصب را افزایش خواهند داد و باعث ایجاد افت فشار اضافی می‌گردند.

هیلی گنستاک و ارنست [۳]، دو نمونه از موارد رایج که ممکن است باعث اغتشاشات به اندازه‌گیری جریان سیال شود را محاسبه کرده‌اند. این دو نمونه شامل یک زانویی 90° و جریان متلاطم از میان یک زانویی مضاعف (out of-plane) قبل از دبی‌سنج می‌باشند. از دیدگاه تجربی اثرات هر دو نمونه کاملاً شناخته‌شده هستند و این دو با استفاده از این نتایج جواب‌های دو روش عددی مختلف بدست‌آمده را اعتبارسنجی نموده‌اند. بر اساس تجربیات آنها، شبیه‌سازی‌های CFD برای جریان‌های لوله در مقایسه با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی خیلی ارزاتر می‌باشند و همچنین تحلیل اطلاعات این شبیه‌سازی‌ها آسانتر است.

در مقاله‌ای از کن‌کد و رب [۴]، کارایی یک تصحیح‌کننده جریان قبل از یک دبی‌سنج توربینی به کمک شبیه‌سازی CFD انجام شده‌است. بطورکلی دبی‌سنج‌های توربینی و اریفیس‌دار برای عملیات در شرایط ایده‌آل پایین‌دست لوله‌های مستقیم طراحی شده‌اند. بنابراین این کتورها در این شرایط کالیبره‌شده‌اند و صحت اندازه‌گیری آنها شدیداً به شرایط جریانی برخوردشده در ورودی دبی‌سنج بستگی دارد. پس بدین ترتیب دبی‌سنج‌های توربینی به اثرات لوله‌کشی از جمله اختلالات جریان مثل اثرات جریان جت^{۵۵} و حرکات چرخشی جریان، که بوسیله رگولاتورهای فشاری یا آرایش‌بندی لوله‌کشی در ایستگاه‌های گاز شهری ایجاد می‌شوند خیلی حساس می‌باشند. این خطاها که به دلیل اثرات لوله‌کشی ناصحیح ایجاد می‌گردند به بیش از ۳٪ می‌توانند برسند. نمونه‌ای از حوزه مورد

مطالعه جریان قبل از دبی‌سنج‌ها در شکل ۶.۸ نشان داده شده است. ضمناً نمونه‌ای از تحلیل‌های عددی سرعت در مکان‌های مختلف لوله قبلاً از دبی‌سنج، در گزارش اسفندماه سال ۸۷ دفتر آورده شده است.



شکل ۶.۸: نمونه‌ای از حوزه مورد مطالعه جریان قبل از دبی‌سنج‌ها

تحلیل محاسباتی جریان ناپایدار دبی‌سنج‌های توربینی

دبی‌سنج‌های توربینی مهمترین وسیله اندازه‌گیری و تخمین جریان‌ات گاز طبیعی هستند. همچنین از آنها معمولاً به عنوان دبی‌سنج‌های مرجع در تاسیسات استاندارد گازی استفاده می‌گردد. بنابراین شرایط مقیاسی و ابعادی خوب آنها از لحاظ اقتصادی مفید می‌باشد.

به دلایل مختلف در جریان گاز همیشه نوساناتی وجود دارد. که به دلیل اینرسی روتور دبی‌سنج‌های توربینی، فرکانس چرخش آن و متعاقباً آنچه که از دبی‌سنج قرائت می‌شود از مقدار دبی‌انی حقیقی تاخیر دارد. در فاز کاهش میزان جریان این تاخیر همیشه از فاز افزایش جریان بیشتر است. بنابراین متوسط میزان چیزی که از دبی‌سنج قرائت می‌شود همیشه از میزان متوسط نرخ جریان بیشتر است. این مسئله، دلیل ظاهر شدن خطای دینامیکی^{۵۶} دبی‌سنج‌های توربینی می‌باشد که البته همیشه مقدار آن مثبت است.

مشکل خطاهای دینامیکی دبی‌سنج‌های توربینی از ۱۰ سال پیش شناخته شده است. یکی از اولین کارهایی که برای ارزیابی و پیش‌بینی این خطا صورت گرفت توسط (W.F.Z Lee et al.) انجام گرفت [۵]. متأسفانه مطابق کاری که آنها انجام دادند در مقادیر پایین جریان پارامتر پاسخ خطای دینامیکی منفی می‌شود که از لحاظ ماهیتی این خطا، چنین مسأله‌ای غیرممکن است.

همچنین لمن در مرجع [۶] راه‌حل تحلیلی برای فرآیندهای ناپایدار (گذرا) در دبی‌سنج‌های توربینی گازی بدست آورد و نتایج محاسبه خطای دینامیکی برای نوسانات مستطیل مانند جریان‌ات گاز را ارائه داد. شایان ذکر است چنین مسئله‌ای در عمل اتفاق نمی‌افتد. نتایج لمن در مرجع [۷] آورده شده است.

⁵⁶ Dynamic error

مهمترین کار انجام‌شده توسط اتکینسون و برای نوسانات نرخ جریان سینوسی بدست آمده‌است. نتایج آن در مرجع [۸] آورده شده‌است. همچنین نتایج مشابهی توسط مک‌کی در مرجع [۹] ارائه شده‌اند. علیرغم همه نتایج شناخته شده که برای نوسانات سینوسی یا مستطیلی جریان بدست آمده‌اند توسط (B Lee et al.) در مرجع [۱۰] نوسانات جریان در شرایط حقیقی که تحت قوانین پیچیده‌ای اتفاق می‌افتد بررسی شده‌است.

از آنجاییکه همه نتایج بدست‌آمده چرخش دبی سنج توربینی در جریان گذرا، بر اساس راه‌حل معادلات دیفرانسیلی هستند که شامل پارامترهایی می‌باشند که به سختی قابل ارزیابی‌اند لذا این دلیل اصلی است که نتایج بررسی‌های مختلف ناقص و اغلب ناسازگار با شرایط حقیقی می‌باشند. اگرچه این مشکل مدت زیادی شناخته شده‌است اما دانش جامعی روی فرآیندهای گذرا و متعاقبا در مورد شبیه‌سازی دبی سنج‌های توربینی و پاسخ و خطای دینامیکی آنها وجود ندارد.

بدین ترتیب در مقاله‌ای از تون‌کونوجی و همکارانش [۱۱]، یک روش جدید شبیه‌سازی رفتار دبی سنج‌های توربینی در جریان‌های نوسان‌دار از هر قانون نوسان اختیاری، ارائه شده‌است. این روش، ترکیبی از روش‌های آزمایشگاهی و محاسباتی است. این روش به عنوان یک اصل، از ثابت زمانی اینرسی دبی سنج به عنوان تنها مشخصه‌ای که برای شبیه‌سازی رفتار دبی سنج در جریان گذرا است، بهره‌می‌گیرد. بنابراین بایستی رابطه بین ثابت زمانی اینرسی به تغییرات سریع نرخ جریان بوسیله اندازه‌گیری پاسخ دبی سنج از یک مقدار به مقدار دیگر، به‌طور آزمایشگاهی ارزیابی گردد. از این وابستگی برای محاسبه پاسخ دبی سنج به تغییرات جریان توسط هر قانون دلخواه استفاده می‌شود.

لذا دستگاه ویژه‌ای برای بررسی فرآیندهای گذرا در دبی سنج‌های توربینی گازی در تغییرات سریع نرخ جریان ساخته شده‌است. سپس شبیه‌سازی عددی رفتار دبی سنج‌های گازی توربینی در جریان گذرا بر پایه موارد زیر انجام شده‌است:

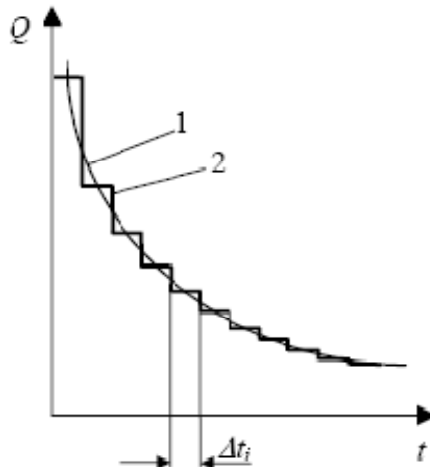
- وابستگی نمایی فرکانس بی‌بعد چرخش اضافی دبی سنج در فرآیندهای گذرا به زمان، که مطابق معادله (۳-۸) بطور آزمایشگاهی ثابت شده‌است.

$$\Omega \equiv \frac{w - w_0}{w_{in} - w_0} = e^{-\frac{t}{T}} \quad (3-8)$$

Ω فرکانس بی‌بعد چرخش اضافی، w فرکانس چرخش جاری، w_0 فرکانس چرخش نهایی، w_{in} فرکانس چرخش اولیه، t زمان، و T ثابت زمانی اینرسی چرخش دبی سنج می‌باشد.

- ثابت زمانی اینرسی چرخش دبی سنج، که به روش آزمایشگاهی تخمین زده شده‌است.

ضمناً در این روش فرض شده است که هر تغییر اختیاری نرخ جریان در منحنی زمان می‌تواند با خط پله‌ای با طول Δt_i در هر مرحله مطابق شکل زیر نشان داده شود.



شکل ۷.۸: جایگزینی منحنی نرخ جریان اختیاری توسط خطوط پله‌ای با طول هر مرحله Δt_i ;
 ۱- منحنی نرخ جریان مشخص؛ ۲- خط پله‌ای

پس اگر Δt_i به اندازه کافی کوتاه باشد، نرخ جریان می‌تواند در محدوده هر مرحله ثابت در نظر گرفته شود و معادله (۳-۸) می‌تواند برای هر مرحله استفاده شود و به فرم دیفرانسیلی نوشته شود. در نتیجه معادله دیفرانسیل حاصله، معادله (۴-۸)، با استفاده از یک مدل ریاضی (روش رانگ کاتا) حل شده است.

$$\frac{dw}{w - w_0} = -\frac{dt}{T} \quad (۴-۸)$$

بدین ترتیب با استفاده از این روش پیشنهاد شده ارزیابی پاسخ دبی سنج و خطای دینامیکی در هنگام نوسان توسط هر قانون جریان مجاز است. نتایج کامل در مرجع [۱۱] آورده شده است. ضمناً در مقاله‌ای دیگر، از لاونته و همکارانش [۱۲]، میدان جریان ناپایدار سه‌بعدی پیچیده یک دبی سنج توربینی یک مرحله‌ای مطالعه شده است.

تحلیل محاسباتی جریان در دبی سنج‌های توربینی مماسی

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید، مطابق با جهت نصب محور روتور، دو نوع دبی سنج توربینی از نوع محوری و از نوع مماسی موجود می‌باشد. که دبی سنج محوری معمولاً به عنوان دبی سنج توربینی شناخته شده است [۱۳].

اولین دبی سنج توربینی در سال ۱۹۳۸ میلادی ساخته شد که با بهینه‌سازی و بهبود آن در تحقیقات بعدی، ساختار فعلی دبی سنج توربینی شکل گرفته است و کاربردهای وسیعی در زمینه‌های

گوناگون پیدا کرده‌است. البته در چند سال اخیر از دهه ۱۹۵۰ میلادی تا به امروز، بیشتر تحقیقات [۱۴-۱۸] روی منحنی کارایی دبی‌سنگ‌های توربینی انجام شده‌اند و مدل‌های ریاضی گوناگونی درباره دبی‌سنگ‌های توربینی پیشنهاد شده‌اند. از بین آنها تئوری ایرفویل تامپسون^{۵۷} توسط محققان زیادی تایید شده‌است. البته به‌خاطر پیچیدگی حرکت سیال در محفظه دبی‌سنگ، در فرآیند مدل‌کردن جریان در دبی‌سنگ، در مورد فاکتورهای موثر مختصرسازی‌ها و فرضیاتی صورت گرفته‌است [۱۳].

فلومترهای توربینی مماسی ابتدایی نیز در سال ۱۹۶۱ میلادی اختراع شده‌اند و تنها در اندازه‌گیری نرخ جریان‌ات میکرو^{۵۸} مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این دبی‌سنگ‌ها به‌خاطر ساختار بدون هندسه منظم‌شان کاربرد وسیعی ندارند. اگرچه برخی از کارایی‌های این نوع مثلاً حدپایین محدوده‌اندازه‌گیری، حساسیت بالاتر و پاسخ دینامیکی سریع‌تر، از نوع محوری بهتر هستند. بطور کلی هنوز هم تحقیقات روی دبی‌سنگ‌های از نوع مماسی محدود است [۱۳].

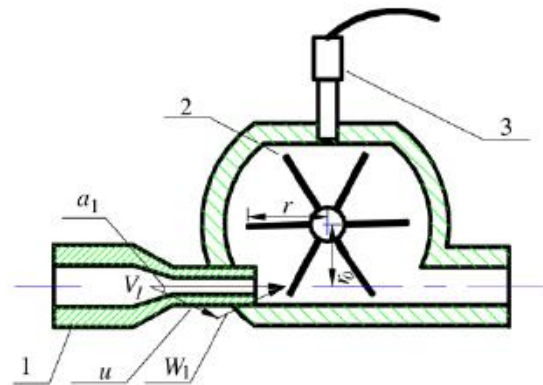
در مقاله‌ای از وانگ ژن و زانگ تاو [۱۳]، گشتاور پیچشی تیغه روتور^{۵۹} و فاکتور دبی‌سنگی یک دبی‌سنگ توربینی مماسی مطابق با شکل ۸.۸ به‌لحاظ تئوری اثبات شده‌است.

بدین صورت که براساس معادله مومتوم، گشتاور پیچشی روتور، T_r ، بعد از ساده‌سازی به شکل زیر ارائه شده‌است.

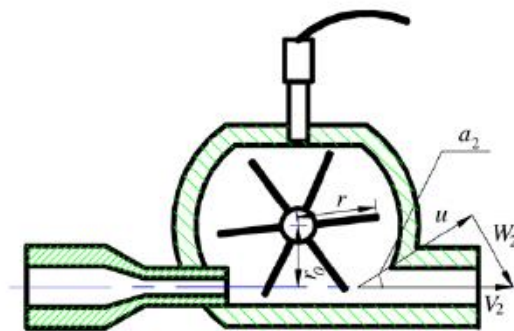
⁵⁷ Thompson's Airfoil Theory

⁵⁸ Micro-flow

⁵⁹ Rotor-blade driving torque



Inlet velocity triangle of tangential type turbine flowmeter.



Outlet velocity triangle of tangential type turbine flowmeter.

شکل ۸.۸: نمونه‌ای از حوزه مورد مطالعه جریان دبی سنج‌های توربینی مماسی

$$T_r = \rho Q \left(\frac{Q}{A} r_o - 2\pi r^2 n \right) \quad (۵-۸)$$

که ρ دانسیته سیال، Q نرخ جریان حجمی، A سطح روزنه خروجی دهانه، r شعاع روتور، n سرعت چرخش روتور و $r_o = r \cos \alpha_1$ می‌باشد. که زاویه بین مولفه‌های سرعت در ورودی دبی سنج است. ضمناً فاکتور دبی سنجی توربینی، K ، براساس بالانس گشتاور روی تیغه روتور به شکل زیر ساده شده است [۱۳].

$$K = \frac{Z}{2\pi r^2} \left(\frac{r_o}{A} - C \right) \quad (۶-۸)$$

که Z تعداد تیغه‌های روتور و C یک ثابت عددی است. از معادله فوق نتیجه می‌شود که فاکتور دبی سنجی K ، تنها توسط پارامترهای ساختمانی دبی سنج متاثر می‌شود و به پارامترهای دیگر

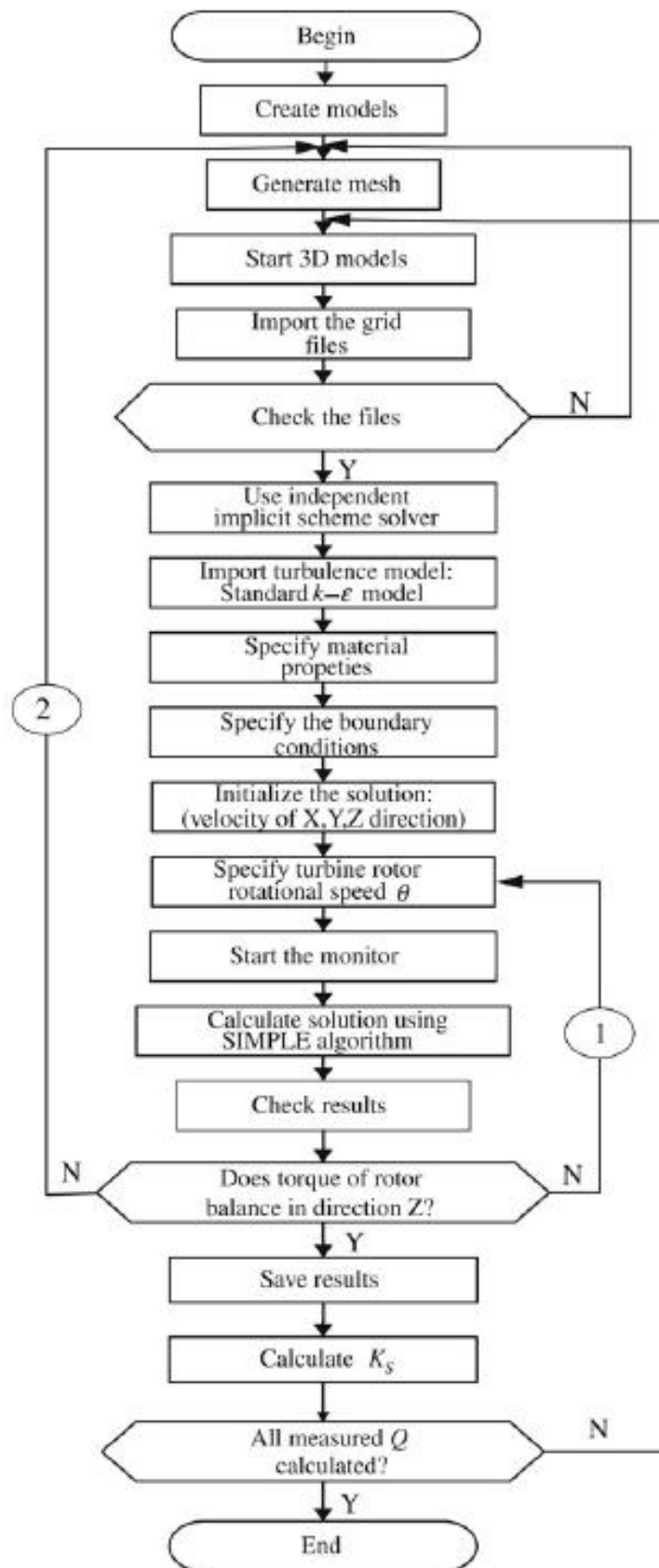
نظیر دبی‌حجمی و دانسیته و غیره وابسته نیست. بنابراین می‌تواند به عنوان یک مقدار ثابت در نظر گرفته شود [۱۴].

ضمناً روش تحلیلی بالانس-گشتاور-روتور در جهت Z به منظور پیش‌بینی دقیق سرعت چرخشی روتور پیشنهاد شده است. با استفاده از این روش تحلیلی و بر اساس مدل‌های آشفته‌گی جریان و دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) شبیه‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزار Fluent روی یک دبی‌سنج توربینی مماسی انجام شده است. فلوجارت شبیه‌سازی عددی و مدل مش‌بندی شده آن در شکل‌های زیر نشان داده شده‌اند [۱۳].

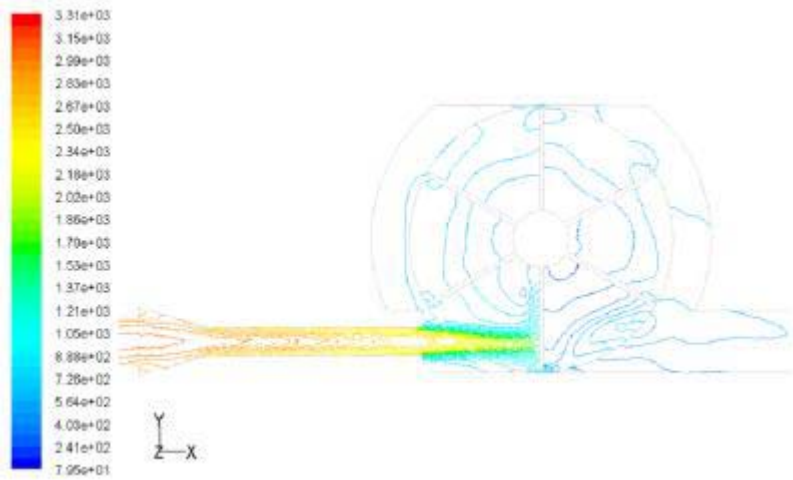


شکل ۹.۸: مدل مش‌بندی شده دبی‌سنج توربینی مماسی

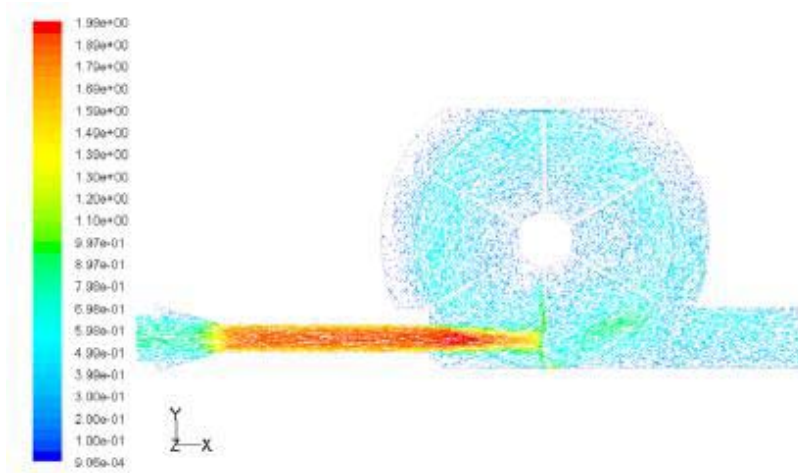
بدین ترتیب اطلاعات کلیدی داخلی دبی‌سنج توسط آنالیز میدان جریان فشاری و میدان جریان سرعتی بدست آمده است. از جمله نتایج شبیه‌سازی، مناطق هم‌فشار و بردارهای سرعت میدان جریان داخلی دبی‌سنج و مناطق هم‌فشار روی سطح روتور در شکل ۱۱.۸، تا شکل ۱۳.۸ نشان داده شده‌اند [۱۳].



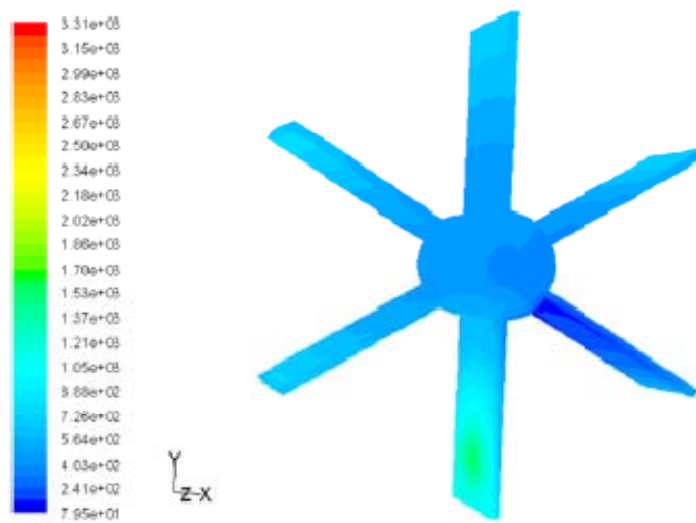
شکل ۱۰۸: فلوچارت شبیه‌سازی



شکل ۱۱.۸: مناطق هم فشار میدان جریان داخلی



شکل ۱۲.۸: بردارهای سرعت میدان جریان داخلی



شکل ۱۳.۸: مناطق هم فشار سطح روتور

نهایتاً نتایج شبیه‌سازی را با نتایج تجربی حاصل از دستگاه آزمایشی نصب‌شده خود مقایسه نموده‌اند که در مورد فاکتور دبی‌سنج، ماکزیمم خطای نسبی ۷.۵۳٪ مشاهده شده است که این مقدار نسبتاً مطلوبی است [۱۳].

ارزیابی خطای تخمینی اندازه‌گیری دبی‌سنج‌های توربینی

برای مدل‌های اندازه‌گیری غیرخطی، روش عددی مونت کارلو ابزار موثری برای محاسبه کردن خطای تخمینی اندازه‌گیری دبی‌سنج‌های توربینی می‌باشد [۱۹]. این روش در گزارش اسفندماه دفتر مفصل‌تر توضیح داده شده است.

۲.۸ معرفی آچارهای با قابلیت تنظیم

شرکت گاز برای راه اندازی، تعمیر و نگهداری ایستگاه‌های تقلیل فشار خود نیازمند استفاده از ابزار و آچارهایی با اندازه‌های مختلف می‌باشد با توجه به مذاکرات شفاهی انجام شده با یکی از کارشناسان شرکت گاز استان، تجهیزات و وسایل ایستگاه‌های تقلیل فشار ممکن است شامل پیچ و مهره‌هایی باشند که توسط هیچ کدام از آچارهای استاندارد موجود قابل باز و بسته شدن نباشند. بنابراین اپراتور مربوطه ممکن است به ناچار با یک ابزار غیر مناسب اقدام به باز و بسته نمودن پیچ و مهره نماید که این عملیات منجر به خرابی پیچ و مهره‌ها و صرف زمان بیشتر برای نصب و تعمیر خواهد شد.

همچنین پیچ و مهره‌ها روی سطوح، درون حفره، جاهایی که دسترسی به آنها مشکل است و... کاربرد دارند پس بنا به شرایط می‌بایستی از آچار مناسب (تخت، رینگ و...) استفاده کرد. از ابزارهای قابل تنظیم مثل آچار فرانسه، زمانی که پیچ روی سطوح باشد می‌توان استفاده کرد اما برای پیچ‌های داخل معمولاً آچار بوکس مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی بدلیل اینکه ممکن است برخی از پیچ و مهره‌ها با استانداردهای انگلیسی و برخی با استانداردهای متریک ساخته شده باشند، به منظور باز و بسته نمودن این پیچ و مهره‌ها اغلب نیاز است که آچارهای بسیار زیاد و متنوعی توسط اپراتور به محل ایستگاه حمل شود.

با توجه به مشکلات ذکر شده، مطالعه در ارتباط با موضوع دستیابی به یک آچار بوکس قابل تنظیم متناسب با وضعیت موجود در ایستگاه‌های تقلیل فشار از طرف شرکت گاز استان به دفتر پژوهش اعلام گردید. با مطالعات انجام شده در این مورد، ابزارهایی را که بصورت قابل تنظیم در دسترس می‌باشند می‌توان به دو دسته مانند زیر تقسیم بندی کرد:

۱. آچارهای قابل تنظیم با فک باز^۱

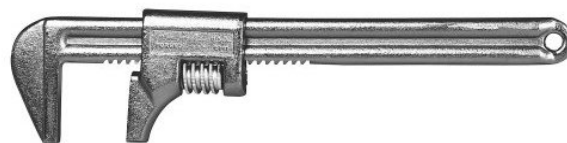
۲. آچارهای بوکس قابل تنظیم^۲

۱.۲.۸ آچارهای قابل تنظیم با فک باز

آچارهای قابل تنظیم با فک باز، در صنایع و کارهای تاسیساتی متداول‌اند و جزو اولین آچارهای قابل تغییر طراحی شده می‌باشند که توسط شرکت‌های مختلف ساخته می‌شوند. شکل ۱۴.۸ تا شکل ۱۹.۸ نمونه‌های مختلفی از این ابزارها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴.۸: مدل AAW100 شرکت بلک انددیکر



شکل ۱۵.۸: مدل C711H شرکت کوپر



شکل ۱۶۸: مدل W30703 شرکت کوپر



شکل ۱۷۸: مدل 87-793 شرکت استنلی



شکل ۱۸۸: مدل 85-610 شرکت استنلی



شکل ۱۹۸: مدل BG8-01R-01 شرکت لاگرهید

محصول جدید شرکت لاگرهید که در شکل ۱۹.۸ نشان داده شده است، قابلیت تغییر زیادی داشته و دارای مکانیسم قفل داخلی می‌باشد. این ابزار بصورت اتوماتیک برای ۱۳ سایز قابل تغییر بوده و برای لوله‌های ۱/۲ اینچ تا ۱۳/۱۶ اینچ کاربرد دارد و برخلاف ابزارهای قدیمی به خوبی روی لوله چفت شده و آسیبی به سطح آن نمی‌رساند که این مزیت مهمی برای یک آچار با فک باز می‌باشد. ابعاد این آچار ۴×۱×۸ اینچ و وزن آن ۱ پوند است.

۲.۲.۸ آچارهای بوکس قابل تنظیم

برای جلوگیری از سایش گوشه‌های مهره بهتر است از آچارهای با دهانه بسته (آچار بوکس)، استفاده کرد. در صورتیکه اینگونه آچارها قابل تنظیم باشند، می‌توان توسط آن‌ها پیچ و مهره‌های با ابعاد مختلف را باز و بسته نمود. تعدادی از آچارهای با دهانه بسته با ذکر مدل و نام شرکت مربوطه توسط شکل ۲۰.۸ تا شکل ۲۵.۸ ارائه شده است.



شکل ۲۰.۸: مدل 10LW شرکت ویس-گریپ

طول آچارهای شکل ۲۱.۸ شرکت وستوارد ۹ تا ۱۱ اینچ است که محدوده کاربرد آنها از ۵/۱۶ تا ۷/۸ اینچ و از ۱/۲ تا ۱۱/۴ اینچ می‌باشد. در شکل ۲۲.۸ مدلی دیگر از آچارهای این شرکت نشان داده شده است که جدول ۱.۸ مشخصات این آچار را ارائه می‌دهد.



شکل ۲۱.۸: مدل 4YR18 SAE شرکت وستوارد



شکل ۲۲.۸: مدل 5MW40 شرکت وستوارد

جدول ۱.۸: ویژگی‌های مدل 5MW40 شرکت وستوارد

آچار بوکس قابل تنظیم	نوع محصول
۱/۲ تا ۱/۴ اینچ	ظرفیت فک
۱۱ اینچ	طول کلی
۱/۳ اونس	وزن

آچار شکل ۲۳.۸ نازک، سبک، پرکاربرد و قوی می‌باشد و از آن می‌توان به عنوان یک ابزار قابل حمل استفاده کرد. جنس آن از نیکل با روکش استیل بوده و برای ۲۳ سایز در سیستم متریک قابل استفاده است. ابعاد آن $۱/۵ \times ۰/۷ \times ۷/۵$ اینچ و وزن آن $۹/۶$ اونس است.



شکل ۲۳.۸: مدل HK1 شرکت هیدروکیتیک



شکل ۲۴.۸: مدل BW6-01R-01 شرکت لاگرهید

آچاری که در شکل ۲۴.۸ نشان داده شده است از محصولات شرکت لاگرهید می‌باشد. مهمترین ویژگی این آچار داشتن ۶ سایز متغیر می‌باشد که باعث می‌شود به خوبی پیچ یا مهره را گرفته و گوشه‌های آنرا در اثر لغزش آچار خراب نکند، نیروی لازم جهت گرفتن مهره بصورت دستی تامین می‌شود و برای ۱۴ سایز از رنج ۷ تا ۱۴ میلی متر کاربرد دارد. در ضمن وزن آن $۱/۲$ پوند و ابعاد آن $۱۱/۱ \times ۲/۵ \times ۱/۸$ اینچ است.

آچار شکل ۲۵.۸ از محصولات شرکت کرزت می‌باشد که سرپیچ ضامن دار قابل تغییر داشته و فک آن قابلیت تغییر از ۱/۴ تا ۷/۸ اینچ را دارا می‌باشد. این امکان را به کاربر می‌دهد تا راحت و سریع آچار را روی پیچ باز و بسته کند. برای عملیات‌های سریع و کار روی تجهیزات متحرک می‌توان از این ابزار استفاده کرد.



شکل ۲۵.۸: مدل FR28SWMP شرکت کرزت

در حین جستجوهای اینترنتی انجام شده، دو پتنت در ارتباط با آچارهای قابل تنظیم یافت شد که متاسفانه دانلود آن‌ها بصورت رایگان امکان پذیر نبود. با این حال خلاصه‌ای از اطلاعات در دسترس در ارتباط با این پتنت‌ها در ادامه ارائه می‌گردد.

یکی از این پیشنهادات US Patent 4781084 - Adjustable socket-type wrench می‌باشد که یک آچار قابل تغییر طراحی شده در این پتنت دارای دهانه فنجان‌ی شکل می‌باشد و برای گرفتن فشنگی فیلتر روغن و لوله‌های مختلف کاربرد دارد، دندانه‌های سوکت آچار بصورت شعاعی حرکت کرده و اندازه آن را تنظیم می‌کنند. (متاسفانه شکل شماتیکی از این آچار در دسترس نبود).

پیشنهاد دیگر US Patent 6662689 - Adjustable socket wrench می‌باشد که این اختراع در مورد یک سوکت قابل تغییر است که می‌توان آنرا روی آچار جغجغه، دریل یا یک درایور نصب کرد. این سوکت از دو قسمت تشکیل شده که روی یک میله حدیده شده سوار شده‌اند. این میله در کانال مرکزی قرار داده شده است. در بالای سوکت یک حفره مربعی برای اتصال آچار جغجغه وجود دارد. (متاسفانه شکل شماتیکی از این آچار یافت نشد).

از بین آچارهای موجود فرم و کارکرد آچار مدل FR28SWMP شرکت کرزت (شکل ۲۵.۸)، به درخواست شرکت گاز نزدیک‌تر است اما فرم آن بصورت بوکس نیست و برای حفره‌های عمیق نیز نمی‌توان از آن استفاده کرد. با توجه به مطالعات انجام شده، ابزار ساخته شده‌ای که بصورت یک آچار بوکس قابل تنظیم باشد، یافت نشده است. بدین ترتیب در صورت نیاز شرکت گاز به چنین ابزاری لازم است طراحی و ساخت آن در قالب یک طرح تحقیقاتی تعریف شود.

۳.۸ تعریف پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مرتبط با گاز

از جمله فعالیت‌های دیگری که انجام شده‌است تعریف سه پروژه کارشناسی ارشد مرتبط با فعالیت‌های شرکت گاز استان خوزستان بوده که عناوین آنها به شرح زیر می‌باشد:

- شبیه‌سازی عددی جریان گاز طبیعی درون رگولاتور و لوله رابط یک ایستگاه تقلیل فشار گاز شهری

- شبیه‌سازی جریان غیردائم درون شبکه‌های توزیع گاز طبیعی در فضای حالت

- مدل‌سازی رتبه کاسته جریان گذرا در شبکه‌های توزیع گاز طبیعی

اهداف و شرح پروژه‌های فوق در پیوست این گزارش ارائه شده‌است. علاوه بر موارد فوق، چهار طرح تحقیقاتی توسط دفتر پژوهش با عناوین ذیل تعریف شده‌است.

- ممیزی انرژی در مجتمع فولاد خوزستان

- ممیزی انرژی در نیروگاه‌های مستقر در استان خوزستان

- ممیزی انرژی در صنایع سیمان استان خوزستان

- بررسی کارایی پوشش‌های مختلف برای لوله‌های گاز مدفون در زمین‌های آلوده به مواد نفتی و پیشنهاد پوشش مناسب

- طراحی و ساخت آچار بوکس قابل تنظیم

ضرورت‌ها و اهداف طرح‌های فوق در پیوست ارائه شده‌است.

۴.۸ منابع

[1] <http://www.nigc-fars.ir/Site.aspx?ParTree=1110131816>

[2] <http://www.isice.ir>

[3] A. Hilgenstock and R. Ernst. Analysis of installation effects by means of computational fluid dynamics-cfd vs experiments? Flow measurement and instrumentation, 7:161–171, 1996.

- [4] J. Cancade. Numerical simulation of the smmi flow conditioner. In Proceedings of the 11th FLOMEKO-conference (CD-ROM), Groningen, The Netherlands, May 12-14. Gasunie research, 2003.
- [5] W.F.Z. Lee, M.J.Kirik, B.Millington. Gas turbine flow meter measurement in pulsating flow. Eng. Power, Trans. ASME. 1975, October, pp 531-539.
- [6] N. Lehmann. Dynamisches Verhalten von Turbinenradgaszahlern, Das Gas und Wasserfach -GWF- 131 1990 Nr.4 Gas Erdgas, s 160-167.
- [7] Technische Richtlinien Messgeräte für Gas (PTB) G13, 1994-12.
- [8] ISO/TR 3313:1998(E) Measurement of fluid flow in closed conduits –Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments.
- [9] R. J. McKee. Pulsation effects on single- and two rotor turbine meters, Flow Meas. Instrum. 1992, 3 No 3, pp 151-166.
- [10] B. Lee, R. Cheeswright, C. Clark The dynamic response of small turbine flow meters in liquid flows, Flow Meas. Instrum. 2004, 15 No 5- 6, pp 239-248.
- [11] J. Tonkonogij, A. Pedišius, and A. Stankevičius. The New Semi-Experimental Method for Simulation of Turbine Flow Meters Rotation in the Transitional Flow, Proceedings of world academy of science, engineering and technology volume 30 July 2008 ISSN 1307-6884.
- [12] E. von Lavante, N. Lazaroski, U. Maatje, T. Kettner, and V. L'ötz-Dauer. Numerical simulation of unsteady three-dimensional flow fields in a turbine flow meter. In Proceedings of the 11th FLOMEKO-conference (CD-ROM), Groningen, The Netherlands, May 12-14. Gasunie research, 2003.
- [13] W. Zhen, Z. Tao. Computational study of the tangential type turbine flowmeter, Flow Measurement and Instrumentation 19 (2008) 233–239.
- [14] GR. Thompson ,J. Grey . Turbine flowmeter performance model. Transactions of the ASME, Journal of Basic Engineering. 1970;11: 712–23.
- [15] RC. Baker . Turbine flowmeters: Theoretical and experimental published information. Flow Measurement and Instrumentation 1993;4:123–44.
- [16] E. Von lavante ,T. Humener ,WM. Schieber . Numerical investigation of the flow field in a 2-stage turbine flow meter. In: Proc. of the 9th international conference on flow measurement. 2001.
- [17] E. Von lavante ,T. Kettner ,N. Lazaroski . Numerical simulation of unsteady three-dimensional flow fields in a turbine flow meter. In: Proc. of the 11th international conference on flow measurement. 2003.

[18] E. Von Lavante ,U. Banaszak ,T. Kettner . Numerical simulation of Reynolds number effects in a turbine flow meter. In: Proc. of the 12th international conference on flow measurement. 2004. p. 575–82.

[19] S. Sillanpaa. Numerical methods in flow metrology, 47244M, March 13, 2002.

نتایج نرم افزار Carrier در حالت موجود ساختمانها

در این قسمت نتایج خروجی نرم افزار Carrier برای حالت جاری هر یک از ساختمانها ارائه شده است. این گزارشات به صورت جدول و گراف ارائه می شود. جدول مربوط به هر یک از ساختمانها مقدار بار برودتی لازم برای ساختمان در حالت پیک مصرف را ارائه می کند. با توجه به اهمیت بار برودتی، گرافهایی از میزان تغییرات این بار در طول ماههای گرم (تیر، مرداد و شهریور) ارائه شده است. این گرافها تغییرات بار برودتی و حرارتی را در روز بیشینه مصرف بر حسب ۲۴ ساعت شبانه روز ارائه می کنند.

Air System Design Load Summary for Central Office

Project Name: **Central Office**
Prepared by: KHGCRO

09/30/2009
02:38E.U

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9° C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5° C		
Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)	
Window & Skylight Solar Loads	m 3412	31782	-	m 3412	-	-
Wall Transmission	m 11632	39901	-	m 11632	36994	-
Roof Transmission	m 5882	18625	-	m 5882	14490	-
Window Transmission	m 3412	22178	-	m 3412	18391	-
Skylight Transmission	m 02	*	-	m 02	*	-
Door Loads	m 122	2188	-	m 122	1241	-
Floor Transmission	m 5222	7782	-	m 5222	11477	-
Partitions	m 02	*	-	m 02	*	-
Ceiling	m 02	*	-	m 02	*	-
Overhead Lighting	W 22250	20765	-	*	*	-
Task Lighting	W *	*	-	*	*	-
Electric Equipment	W 75332	71110	-	*	*	-
People	296	18045	18516	*	*	*
Infiltration	-	38142	27323	-	28423	*
Miscellaneous	-	*	*	-	*	*
Safety Factor	%10 / %10	27052	4584	%10	11102	*
Total Zone Loads <<	-	297569	50422	-	122117	*
Zone Conditioning	-	283244	50422	-	111642	*
Plenum Wall Load	%0	*	-	*	*	-
Plenum Roof Load	%0	*	-	*	*	-
Plenum Lighting Load	%0	*	-	*	*	-
Return Fan Load	L/s 20309	*	-	L/s 242	*	-
Ventilation Load	L/s 2310	61189	46527	L/s 28	526	*
Supply Fan Load	L/s 20309	*	-	L/s 242	*	-
Space Fan Coil Fans	-	*	-	-	*	-
Duct Heat Gain / Loss	%0	*	-	%0	*	-
Total System Loads <<	-	344433	96959	-	112169	*
Central Cooling Coil	-	344433	96987	-	11300	*
Terminal Reheat Coils	-	*	-	-	113298	-
Total Conditioning <<	-	344433	96987	-	112169	*
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

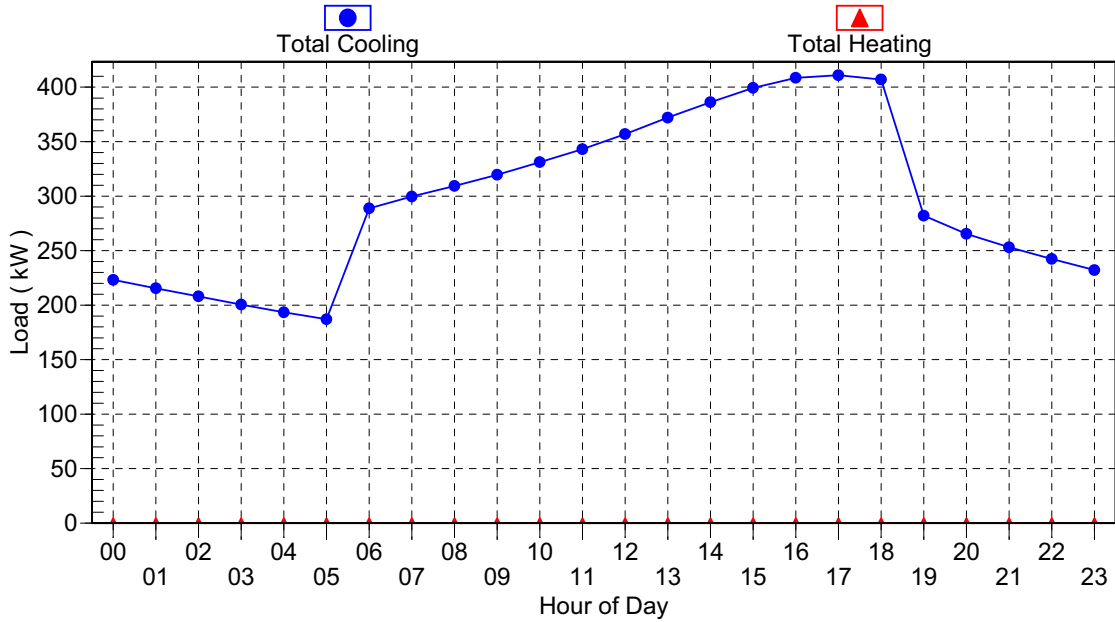
Hourly Air System Design Day Loads for Central Office

Project Name: Central office
Prepared by: KHGCRO

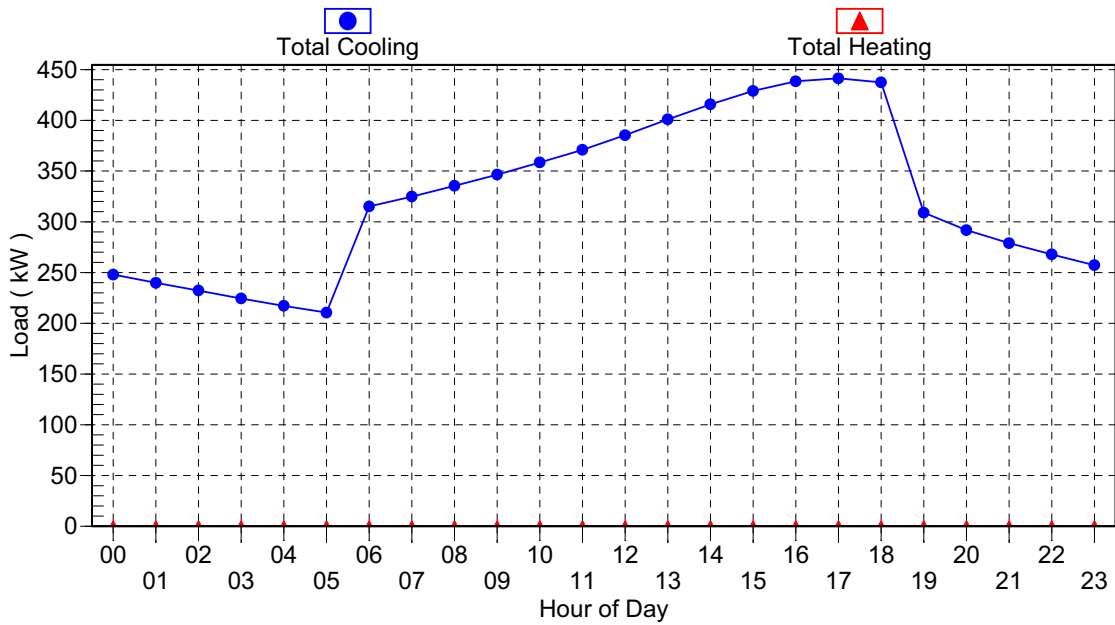
10/08/2009

02:25PM

Data for June



Data for July

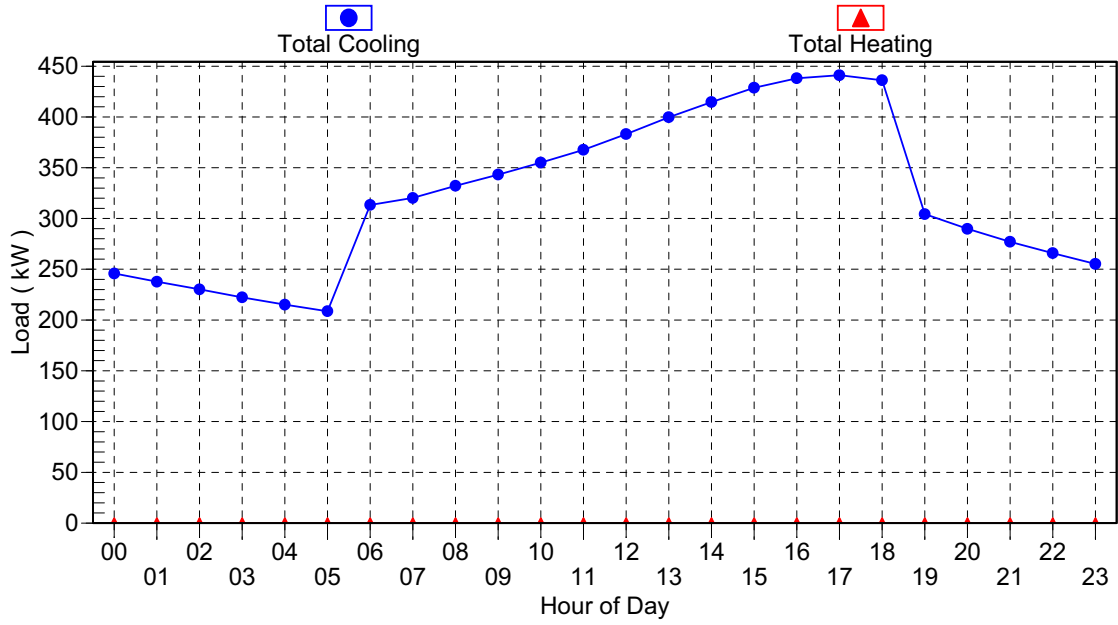


Hourly Air System Design Day Loads for Central Office

Project Name: Central office
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009
2:25PM

Data for August



Air System Design Load Summary for ENGINEERING OFFICE

Project Name: **ENGINEERING OFFICE**
Prepared by: KHGCRO

09/30/2009
06:36E.U

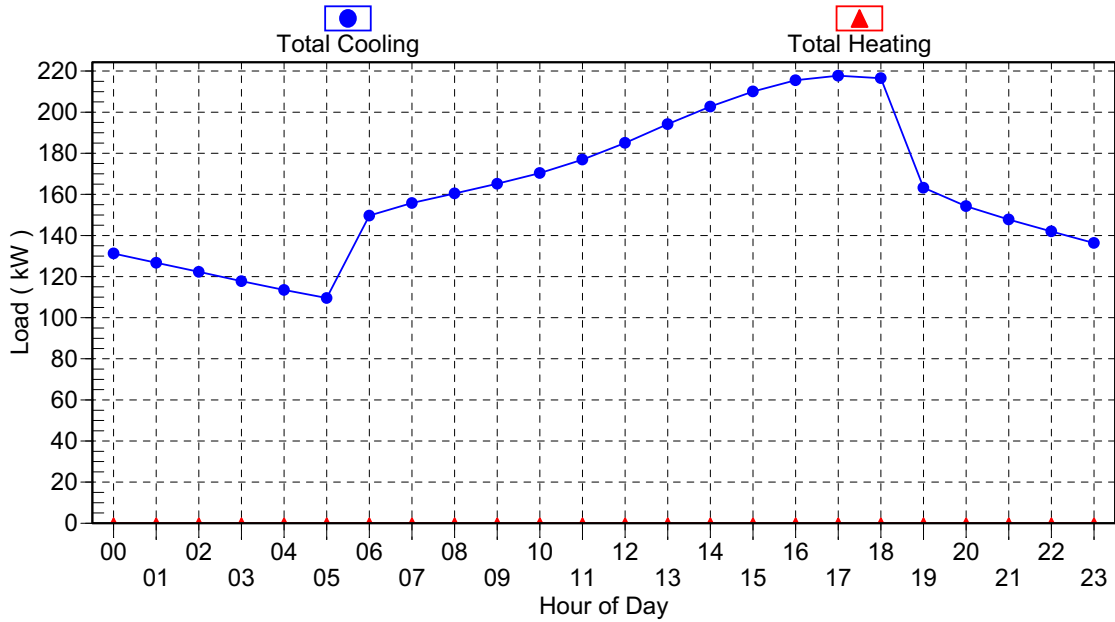
ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9° C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5° C		
Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)	
Window & Skylight Solar Loads	m 19.82	16220	-	m 19.82	-	-
Wall Transmission	m 55.12	18834	-	m 55.12	18644	-
Roof Transmission	m 59.82	18938	-	m 59.82	15675	-
Window Transmission	m 19.82	17333	-	m 19.82	15379	-
Skylight Transmission	m .2	*	-	m .2	*	-
Door Loads	m 1.2	1768	-	m 1.2	1074	-
Floor Transmission	m 45.12	*	-	m 45.12	*	-
Partitions	m .2	*	-	m .2	*	-
Ceiling	m .2	*	-	m .2	*	-
Overhead Lighting	W 12600	12599	-	*	*	-
Task Lighting	W *	*	-	*	*	-
Electric Equipment	W 16612	16611	-	*	*	-
People	210	15078	12617	*	*	*
Infiltration	-	11008	7999	-	8727	*
Miscellaneous	-	*	*	-	*	*
Safety Factor	% 10 / % 10	12849	2062	% *	*	*
Total Zone Loads <<	-	141340	22677	-	59501	*
Zone Conditioning	-	135706	22677	-	54302	*
Plenum Wall Load	% *	*	-	*	*	-
Plenum Roof Load	% *	*	-	*	*	-
Plenum Lighting Load	% *	*	-	*	*	-
Return Fan Load	L/s 9720	*	-	L/s 115	*	-
Ventilation Load	L/s 1806	47802	36896	L/s 21	437	*
Supply Fan Load	L/s 9720	*	-	L/s 115	*	-
Space Fan Coil Fans	-	*	-	-	*	-
Duct Heat Gain / Loss	% *	*	-	% *	*	-
Total System Loads <<	-	183508	59572	-	54739	*
Central Cooling Coil	-	183508	59584	-	5040	*
Terminal Reheat Coils	-	*	-	-	55242	-
Total Conditioning <<	-	183508	59584	-	54739	*
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for ENGINEERING OFFICE

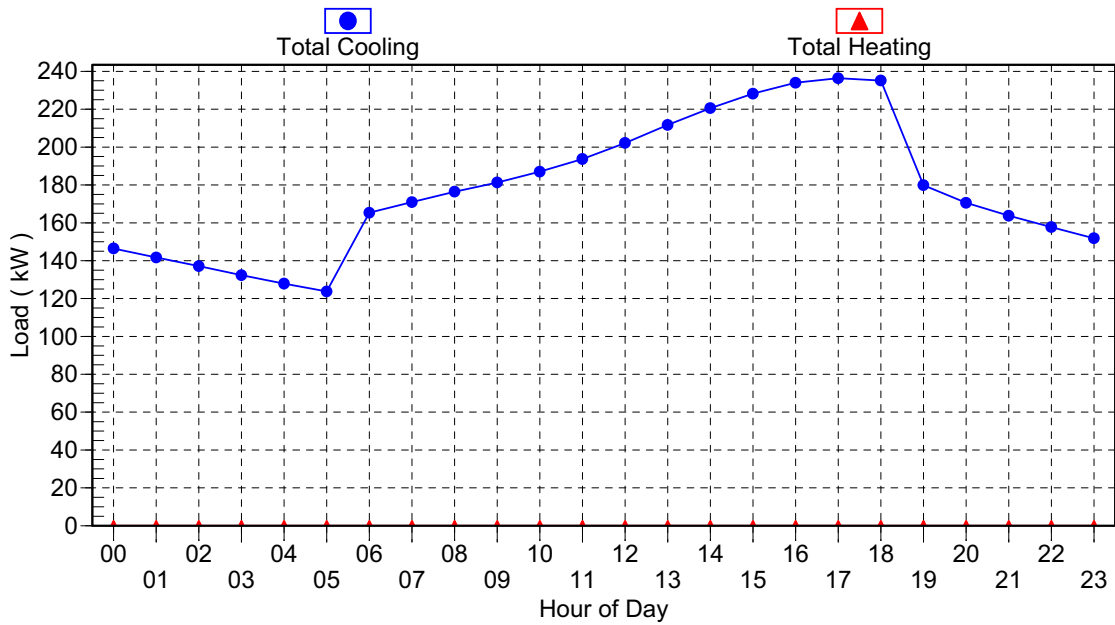
Project Name: ENGINEERING OFFICE
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009
02:27 PM

Data for June



Data for July

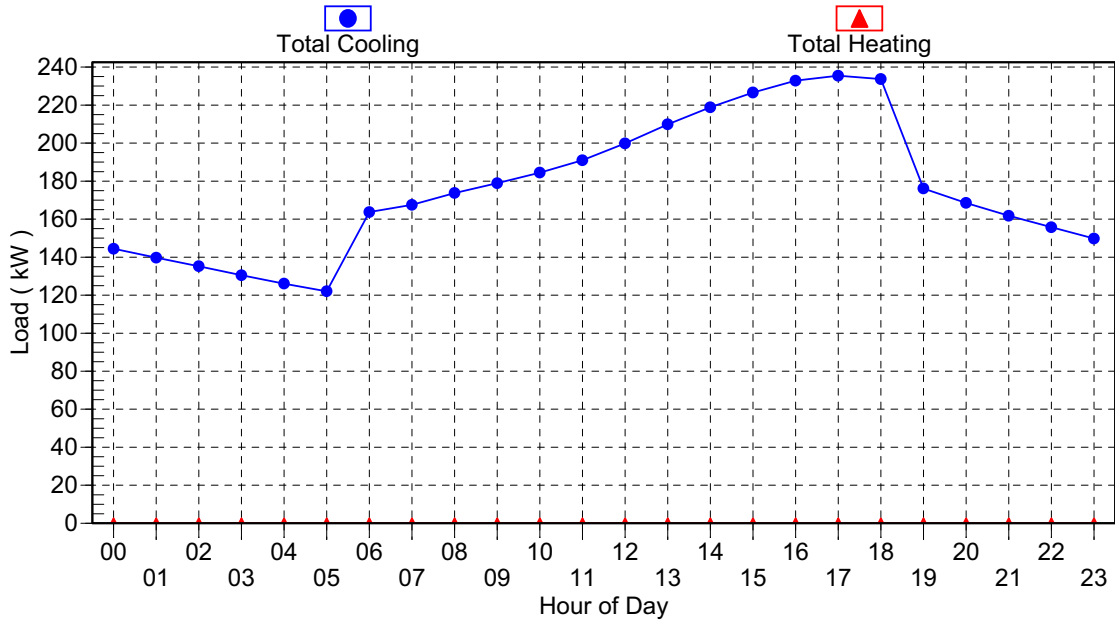


Hourly Air System Design Day Loads for ENGINEERING OFFICE

Project Name: ENGINEERING OFFICE
Prepared by: khgcro

10/08/2009
02:27PM

Data for August



Air System Design Load Summary for BANK

Project Name: **BANK**
Prepared by: KHGCRO

09/30/2009

07:53E.U

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9° C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5° C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 7.2	7556	-	m 7.2	-	-
Wall Transmission	m 72.2	8635	-	m 72.2	86.5	-
Roof Transmission	m 4112	48.7	-	m 4112	43.7	-
Window Transmission	m 7.2	4561	-	m 7.2	4.24	-
Skylight Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Door Loads	m 1.2	2217	-	m 1.2	1.95	-
Floor Transmission	m 45.2	.	-	m 45.2	.	-
Partitions	m .2	.	-	m .2	.	-
Ceiling	m .2	.	-	m .2	.	-
Overhead Lighting	W 2325.	21622	-	.	.	-
Task Lighting	W 52.0.	4837	-	.	.	-
Electric Equipment	W 32.086	3.288	-	.	.	-
People	245	14833	1472.	.	.	.
Infiltration	-	17944	8961	-	14225	.
Miscellaneous	-	.	.	-	.	.
Safety Factor	%1. / %1.	1173.	2368	%1.	32.6	.
Total Zone Loads <<	-	129.3.	26.48	-	35262	.
Zone Conditioning	-	123441	26.48	-	36144	.
Plenum Wall Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Roof Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Lighting Load	%.	.	-	.	.	-
Return Fan Load	L/s 12624	.	-	L/s 12624	.	-
Ventilation Load	L/s 2542	6753.	35692	L/s 2542	5622.	.
Supply Fan Load	L/s 12624	.	-	L/s 12624	.	-
Space Fan Coil Fans	-	.	-	-	.	-
Duct Heat Gain / Loss	%.	.	-	%.	.	-
Total System Loads <<	-	19.972	6174.	-	92464	.
Central Cooling Coil	-	19.972	61743	-	.	.
Central Heating Coil	-	.	-	-	92464	-
Total Conditioning <<	-	19.972	61743	-	92464	.
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

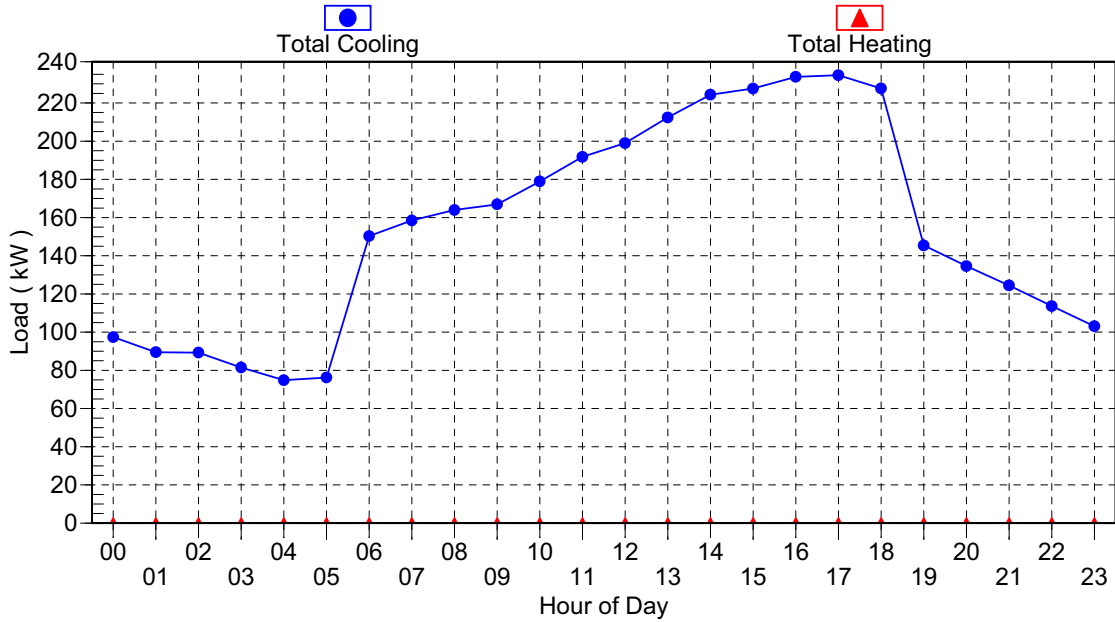
Hourly Air System Design Day Loads for BANK

Project Name: BANK
Prepared by: KHGCRO

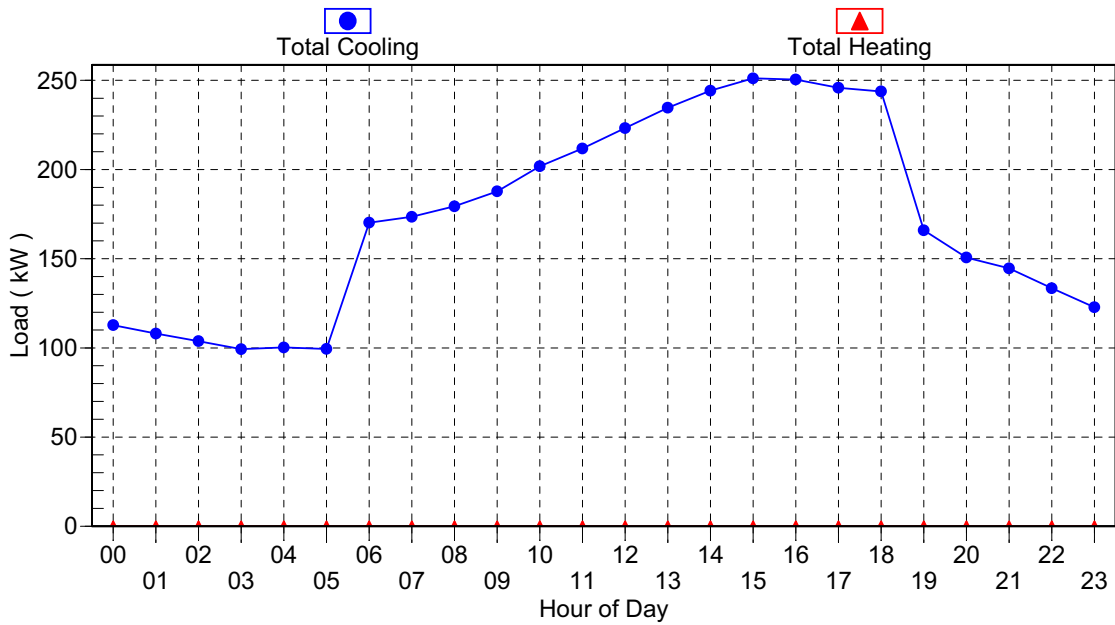
10/08/2009

02:14PM

Data for June



Data for July



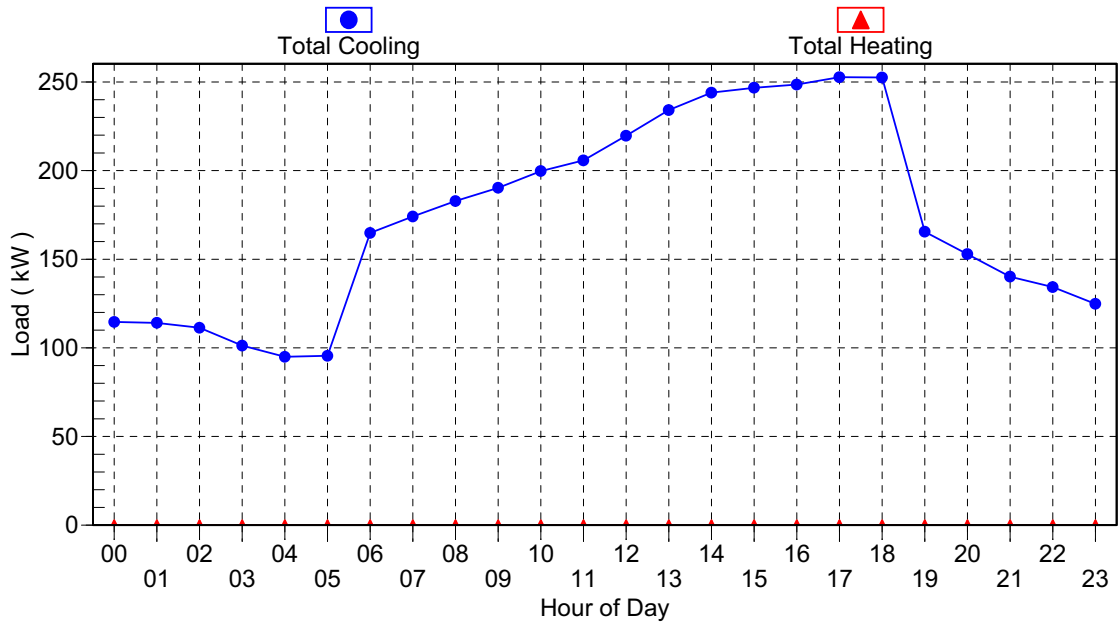
Hourly Air System Design Day Loads for BANK

Project Name: BANK
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009

02:14PM

Data for August



Air System Design Load Summary for Customer East Affairs

Project Name: **Customer East Affairs**
Prepared by: KHGCRO

09/30/2009
08:17E.U

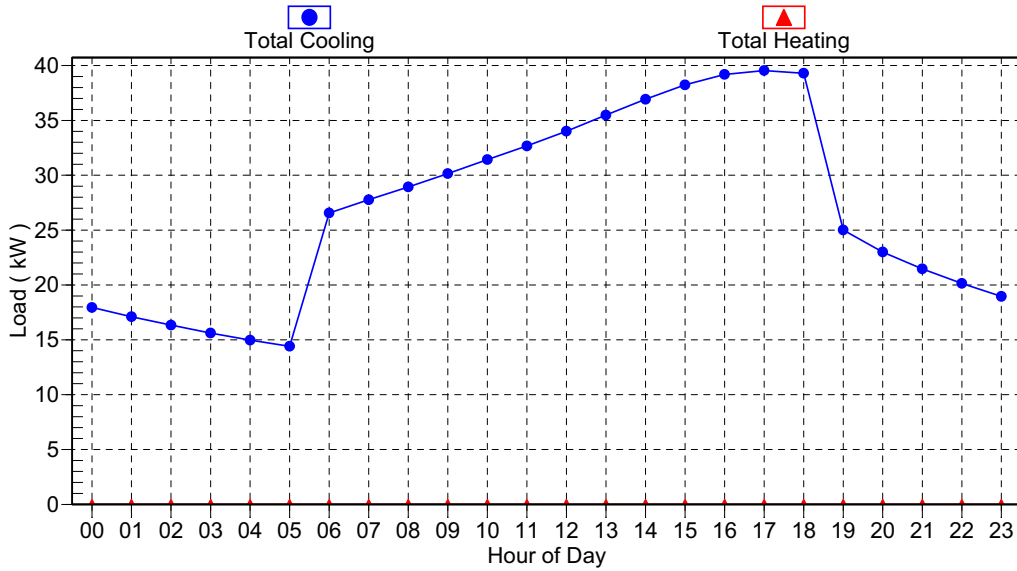
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9° C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5° C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 222	2434	-	m 222	-	-
Wall Transmission	m 2222	2672	-	m 2222	2614	-
Roof Transmission	m 1.2	1183	-	m 1.2	1.48	-
Window Transmission	m 222	2459	-	m 222	2121	-
Skylight Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Door Loads	m 22	6.1	-	m 22	4.8	-
Floor Transmission	m 1.2	.	-	m 1.2	.	-
Partitions	m .2	.	-	m .2	.	-
Ceiling	m .2	.	-	m .2	.	-
Overhead Lighting	W 2938	28.9	-	.	.	-
Task Lighting	W .	.	-	.	.	-
Electric Equipment	W 1.0.0.0	9661	-	.	.	-
People	22	143.	1322	.	.	.
Infiltration	-	3281	2412	-	26.1	.
Miscellaneous	-	.	.	-	.	.
Safety Factor	%1. / %1.	2253	373	%.	.	.
Total Zone Loads <<	-	3.283	41.7	-	8792	.
Zone Conditioning	-	29143	41.7	-	8.49	.
Plenum Wall Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Roof Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Lighting Load	%.	.	-	.	.	-
Return Fan Load	L/s 2.86	.	-	L/s 2.5	.	-
Ventilation Load	L/s 1.87	4938	3857	L/s 2	4.5	.
Supply Fan Load	L/s 2.86	.	-	L/s 2.5	.	-
Space Fan Coil Fans	-	.	-	-	.	-
Duct Heat Gain / Loss	%.	.	-	%.	.	-
Total System Loads <<	-	34.8.	7963	-	8.94	.
Central Cooling Coil	-	34.8.	7966	-	1.56-	.
Preheat Coil	-	.	-	-	.	-
Terminal Reheat Coils	-	.	-	-	8249	-
Total Conditioning <<	-	34.8.	7966	-	8.94	.
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for Customer East Affairs

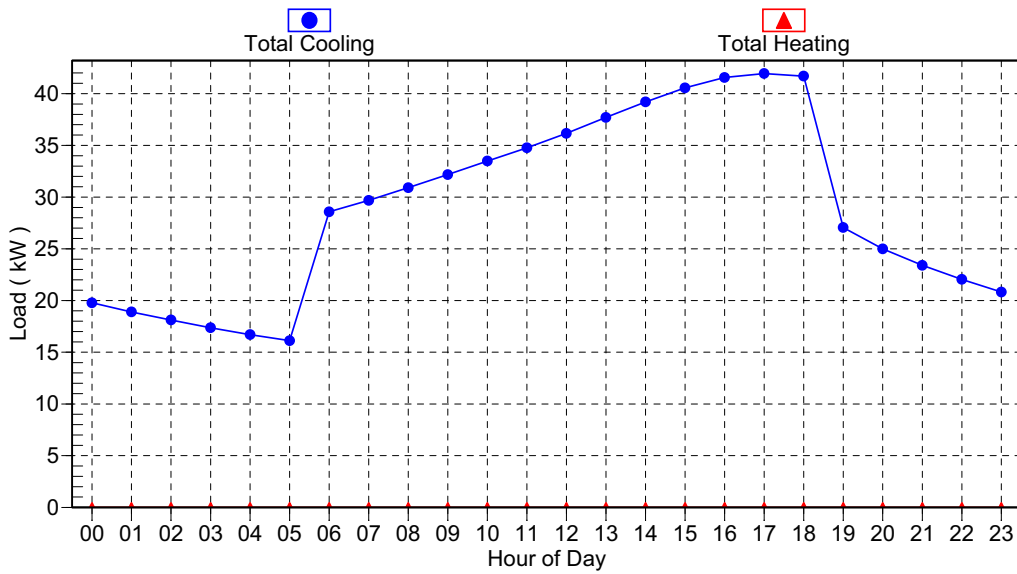
Project Name: Customer East Affairs
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009
02:21PM

Data for June

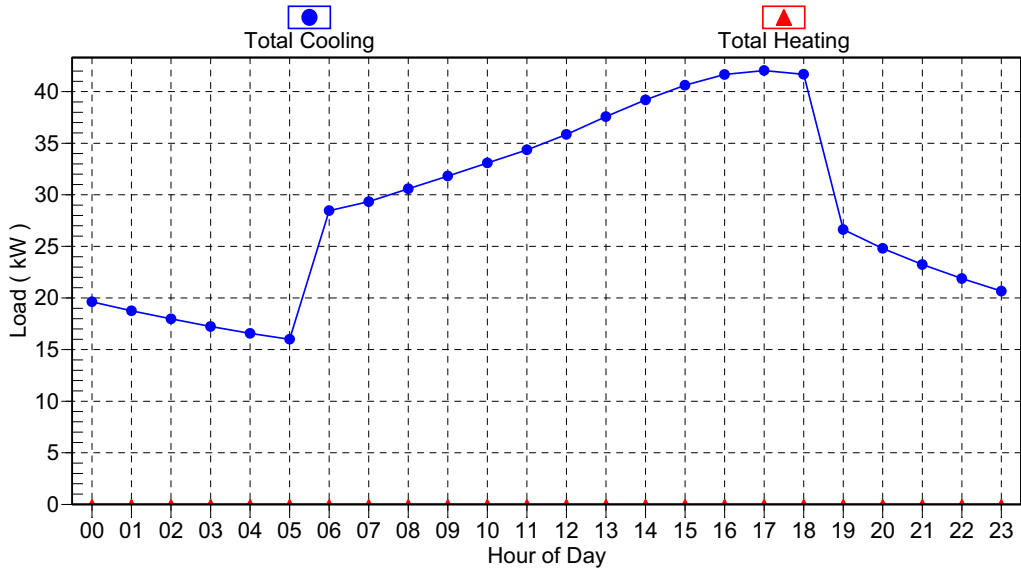


Data for July



Hourly Air System Design Day Loads for Customer East Affairs

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

Project Name: amozash
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:38PM

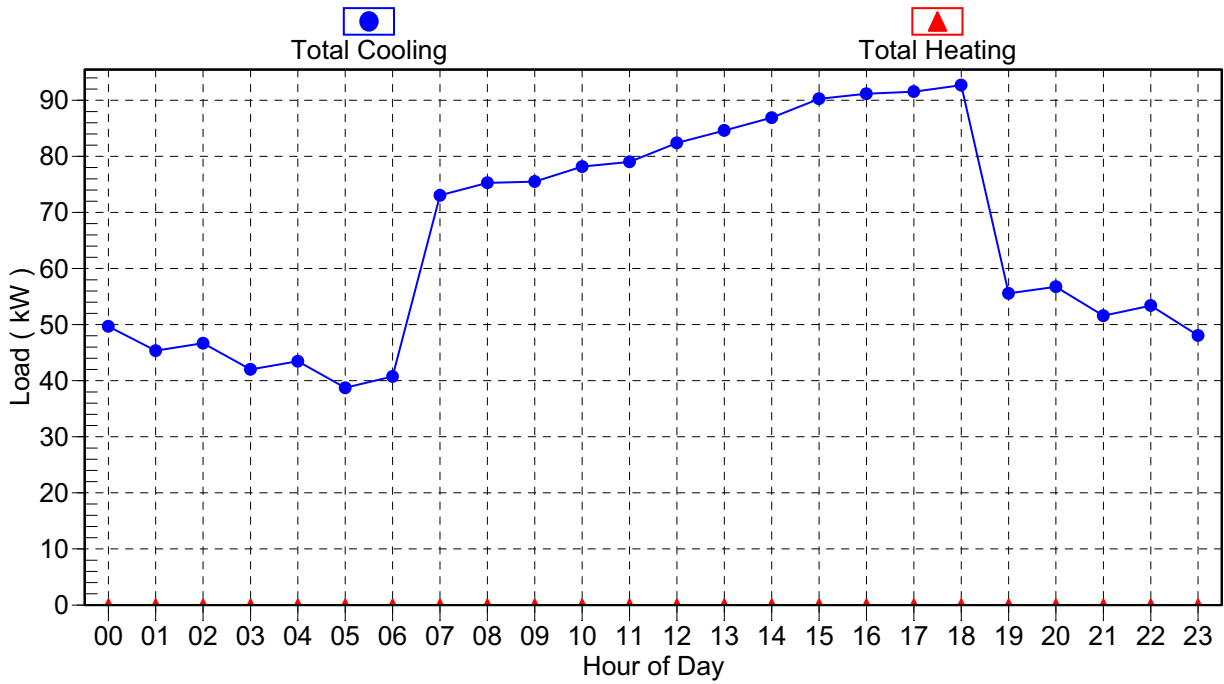
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1800			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 45.3 °C / 27.7 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	36 m ²	2420	-	36 m ²	-	-
Wall Transmission	275 m ²	9327	-	275 m ²	9318	-
Roof Transmission	329 m ²	10784	-	329 m ²	8612	-
Window Transmission	36 m ²	3010	-	36 m ²	2796	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	7 m ²	1043	-	7 m ²	784	-
Floor Transmission	342 m ²	0	-	342 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	7950 W	7156	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	25891 W	24354	-	0	0	-
People	73	4371	4386	0	0	0
Infiltration	-	3298	1955	-	2800	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	6576	634	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	72339	6974	-	24310	0
Zone Conditioning	-	70699	6974	-	24339	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	6648 L/s	0	-	6648 L/s	0	-
Ventilation Load	519 L/s	12902	8075	519 L/s	11591	0
Supply Fan Load	6648 L/s	0	-	6648 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	83601	15050	-	35930	0
Central Cooling Coil	-	83601	15057	-	0	0
Central Heating Coil	-	0	-	-	35930	-
>> Total Conditioning	-	83601	15057	-	35930	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for Default System

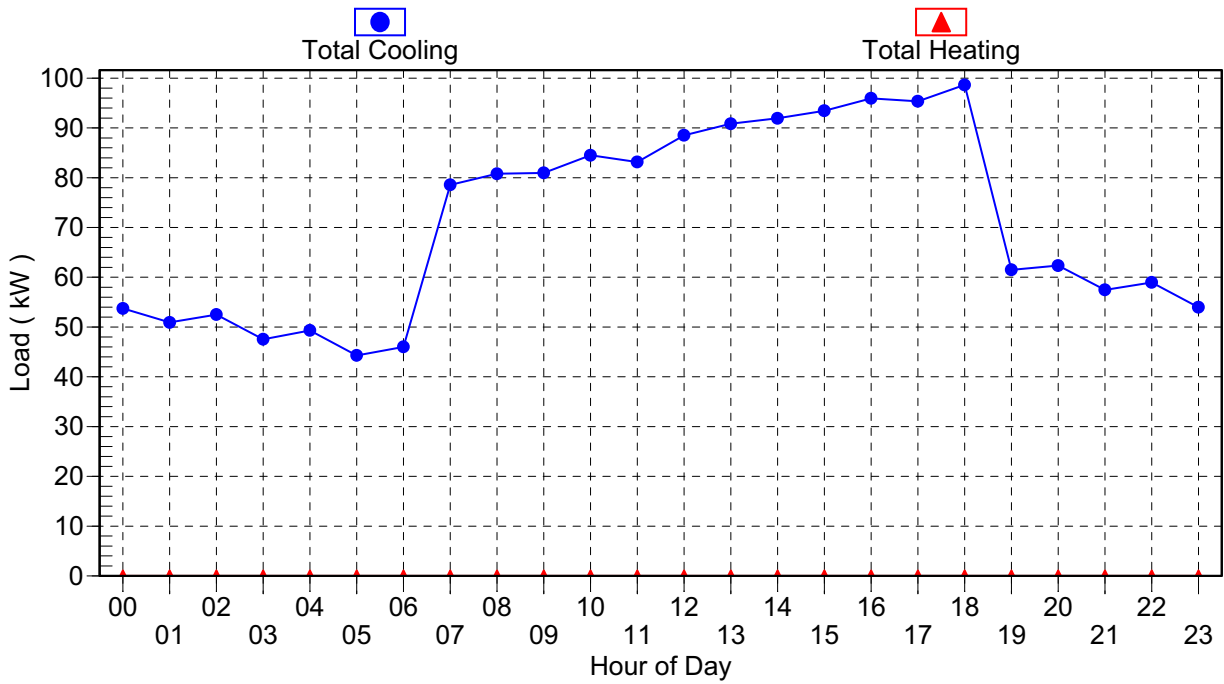
Project Name: amozash
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:43PM

Data for June



Data for July

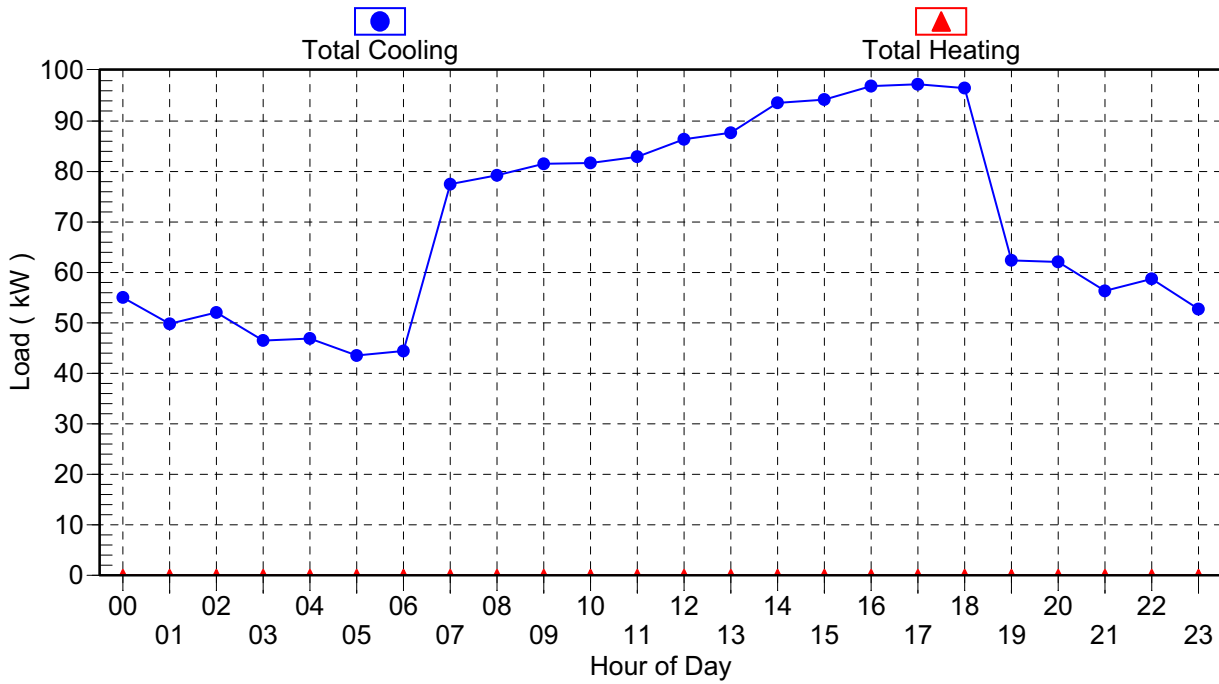


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: amozash
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:43PM

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE final0
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:49PM

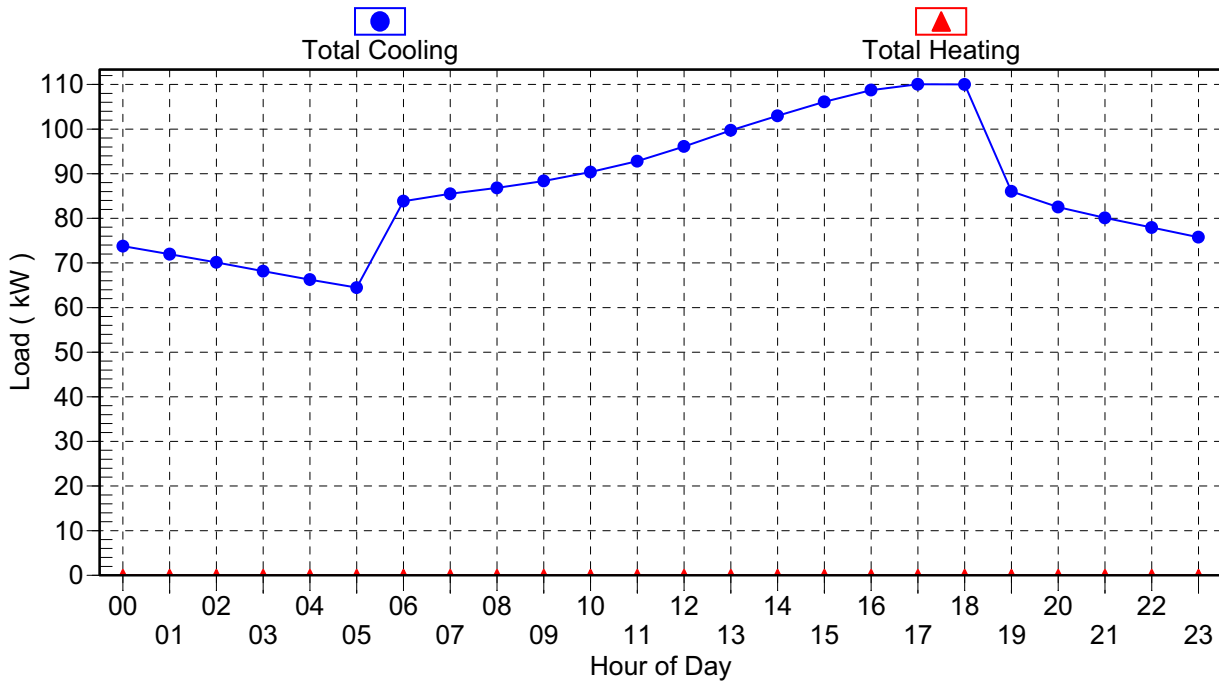
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4 °C / 27.9 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	78 m ²	6887	-	78 m ²	-	-
Wall Transmission	537 m ²	17110	-	537 m ²	17226	-
Roof Transmission	379 m ²	11721	-	379 m ²	9923	-
Window Transmission	78 m ²	6684	-	78 m ²	6040	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	6 m ²	779	-	6 m ²	591	-
Floor Transmission	424 m ²	0	-	424 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	7000 W	6512	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	13090 W	12356	-	0	0	-
People	71	4299	4266	0	0	0
Infiltration	-	11629	8510	-	9421	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	7798	1278	10%	4320	0
>> Total Zone Loads	-	85773	14054	-	47520	0
Zone Conditioning	-	80860	14054	-	43712	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	5561 L/s	0	-	67 L/s	0	-
Ventilation Load	516 L/s	13366	10396	6 L/s	127	0
Supply Fan Load	5561 L/s	0	-	67 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	94225	24450	-	43839	0
Central Cooling Coil	-	94225	24451	-	-419	0
Preheat Coil	-	0	-	-	0	-
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	44257	-
>> Total Conditioning	-	94225	24451	-	43839	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for Default System

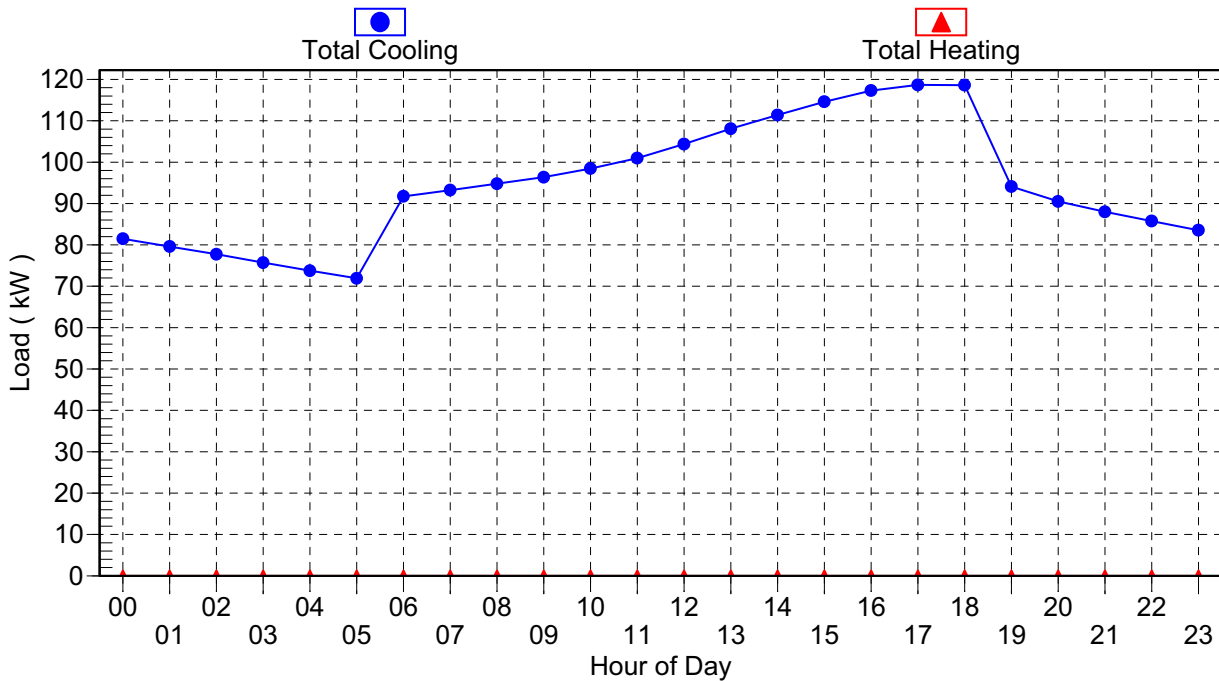
Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE final0
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:54PM

Data for June



Data for July

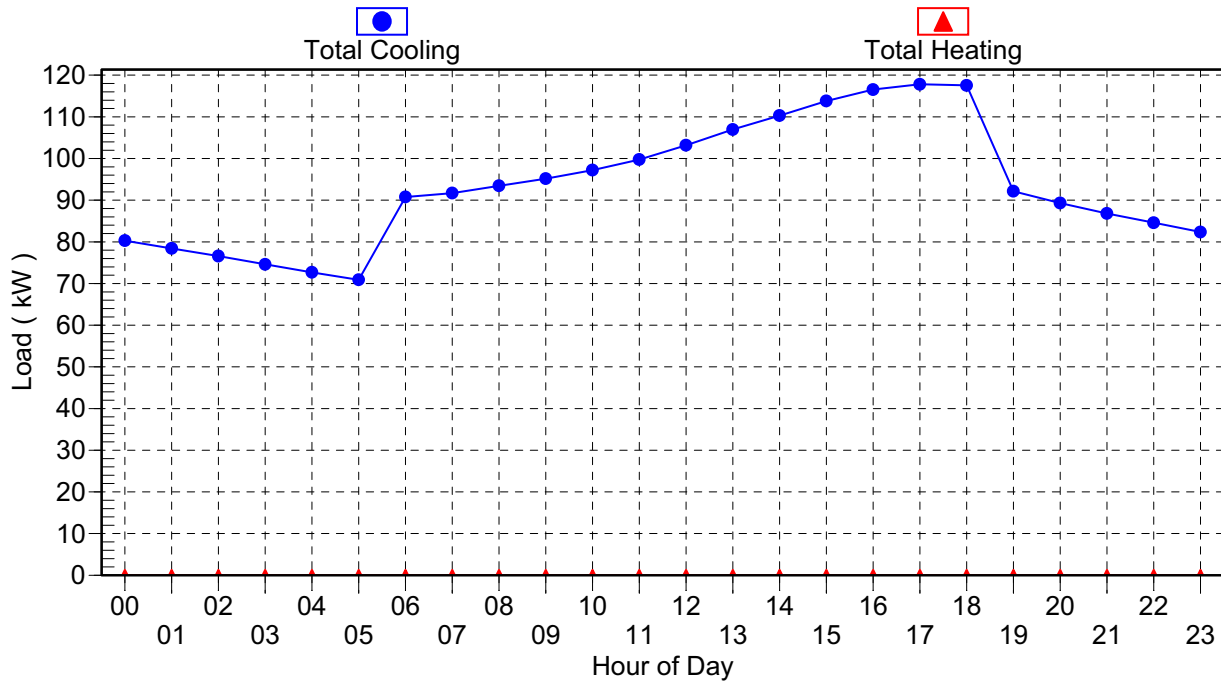


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE final0
Prepared by: khgcro

10/09/2009
02:54PM

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

Project Name: restaurant base3
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
05:58E.Ù

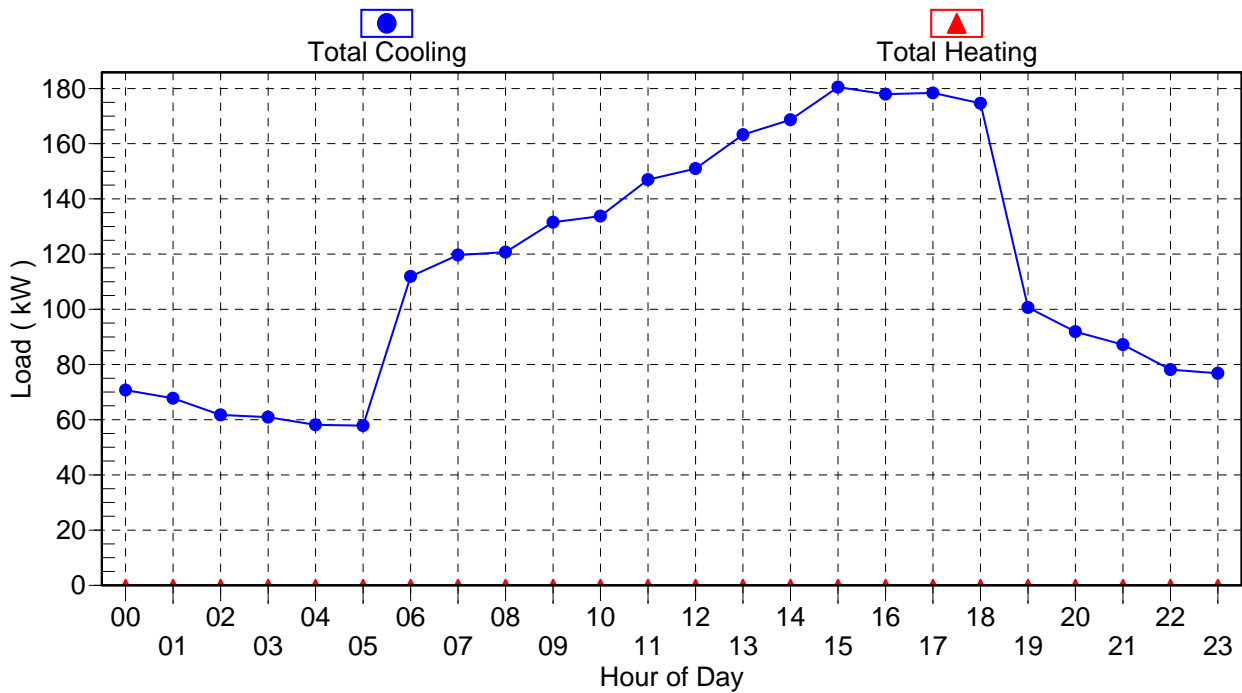
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9°C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5°C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 1.92	10097	-	m 1.92	-	-
Wall Transmission	m 11.62	36528	-	m 11.62	37442	-
Roof Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Window Transmission	m 1.92	9369	-	m 1.92	8468	-
Skylight Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Door Loads	m 2.42	4144	-	m 2.42	2587	-
Floor Transmission	m 6.12	.	-	m 6.12	.	-
Partitions	m 24.2	11347	-	m 24.2	.	-
Ceiling	m 63.62	14886	-	m 63.62	.	-
Overhead Lighting	W 19200	17860	-	.	.	-
Task Lighting	W .	.	-	.	.	-
Electric Equipment	W 240	210	-	.	.	-
People	146	8839	8772	.	.	.
Infiltration	-	18858	9275	-	15277	.
Miscellaneous	-	33926	17462	-	.	.
Safety Factor	% 1.0 / % 1.0	16636	3551	% .	.	.
Total Zone Loads <<	-	183000	39060	-	63774	.
Zone Conditioning	-	174981	39060	-	63284	.
Plenum Wall Load	% .	.	-	.	.	-
Plenum Roof Load	% .	.	-	.	.	-
Plenum Lighting Load	% .	.	-	.	.	-
Return Fan Load	L/s 16944	.	-	L/s 16944	.	-
Ventilation Load	L/s 1348	35137	18244	L/s 1348	29778	.
Supply Fan Load	L/s 16944	.	-	L/s 16944	.	-
Space Fan Coil Fans	-	.	-	-	.	-
Duct Heat Gain / Loss	% .	.	-	% .	.	-
Total System Loads <<	-	210118	57303	-	93362	.
Central Cooling Coil	-	210118	57308	-	.	.
Central Heating Coil	-	.	-	-	93362	-
Total Conditioning <<	-	210118	57308	-	93362	.
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for Default System

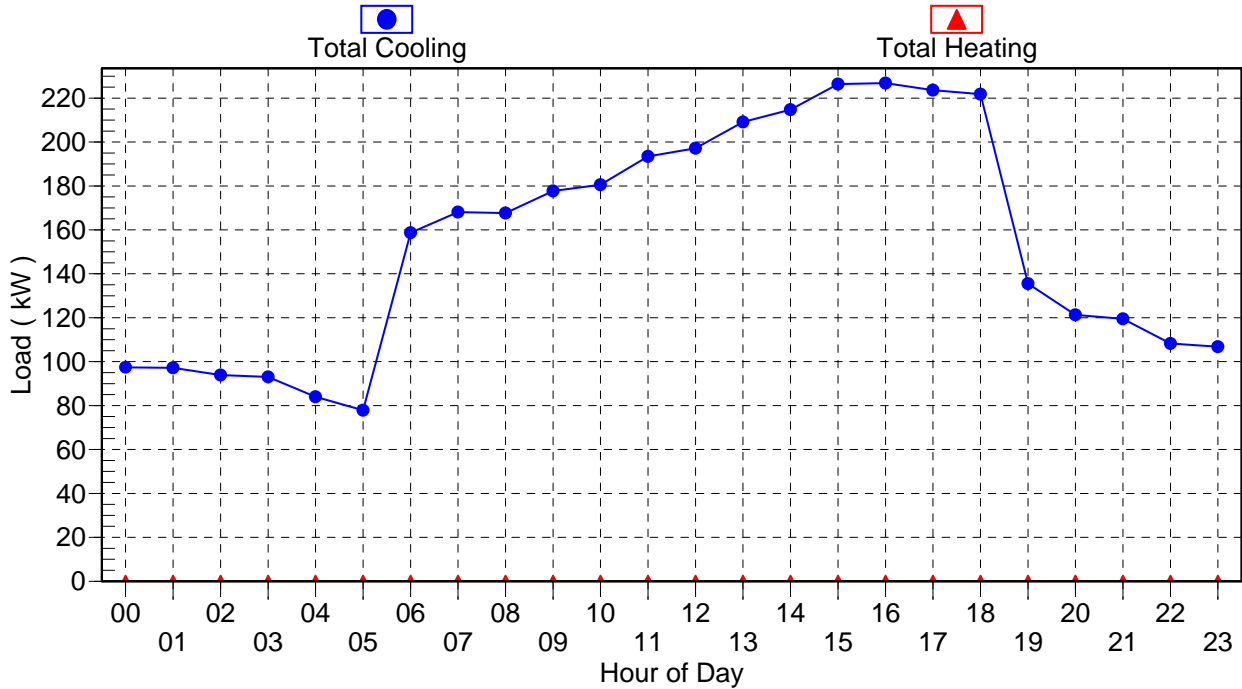
Project Name: restaurant base3
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:03 E.U

Data for April



Data for May

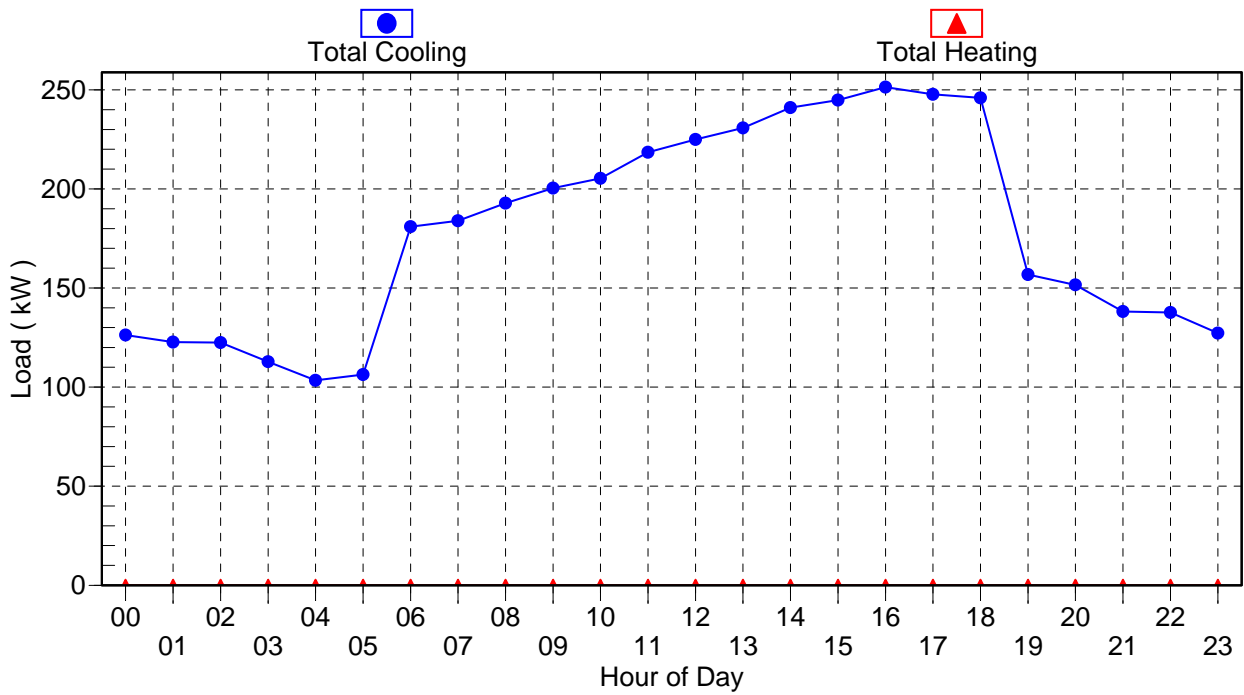


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

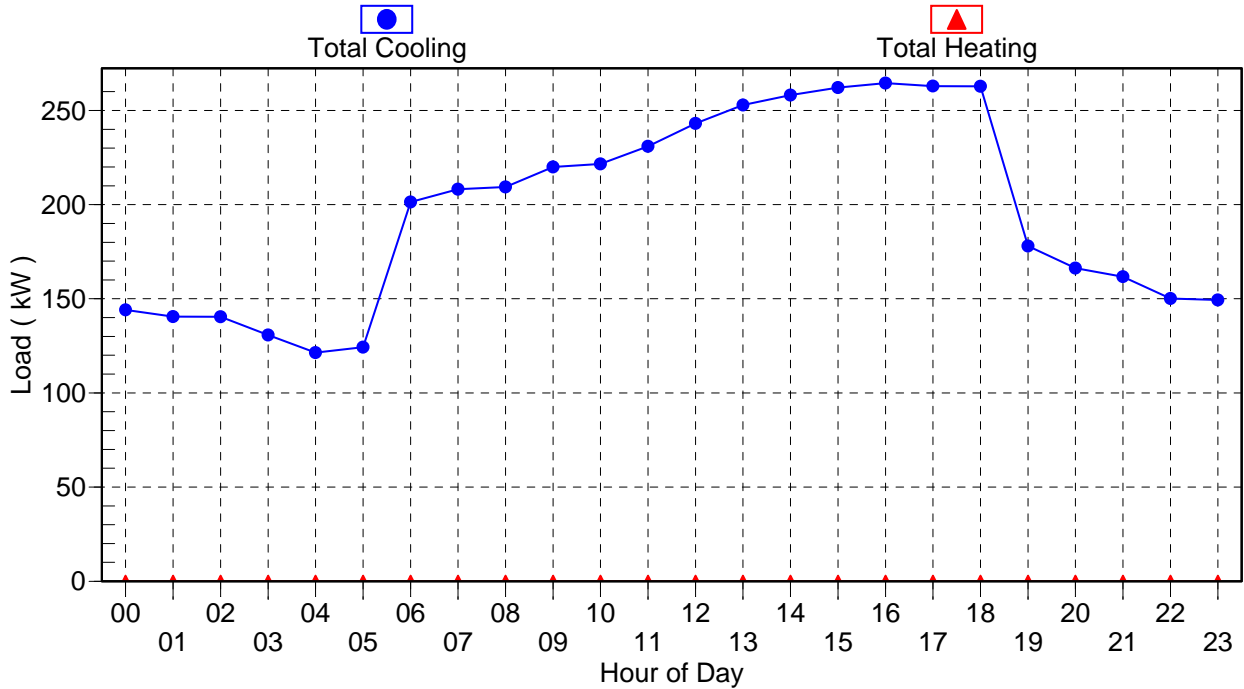
Project Name: restaurant base3
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:03 E.U

Data for June



Data for July

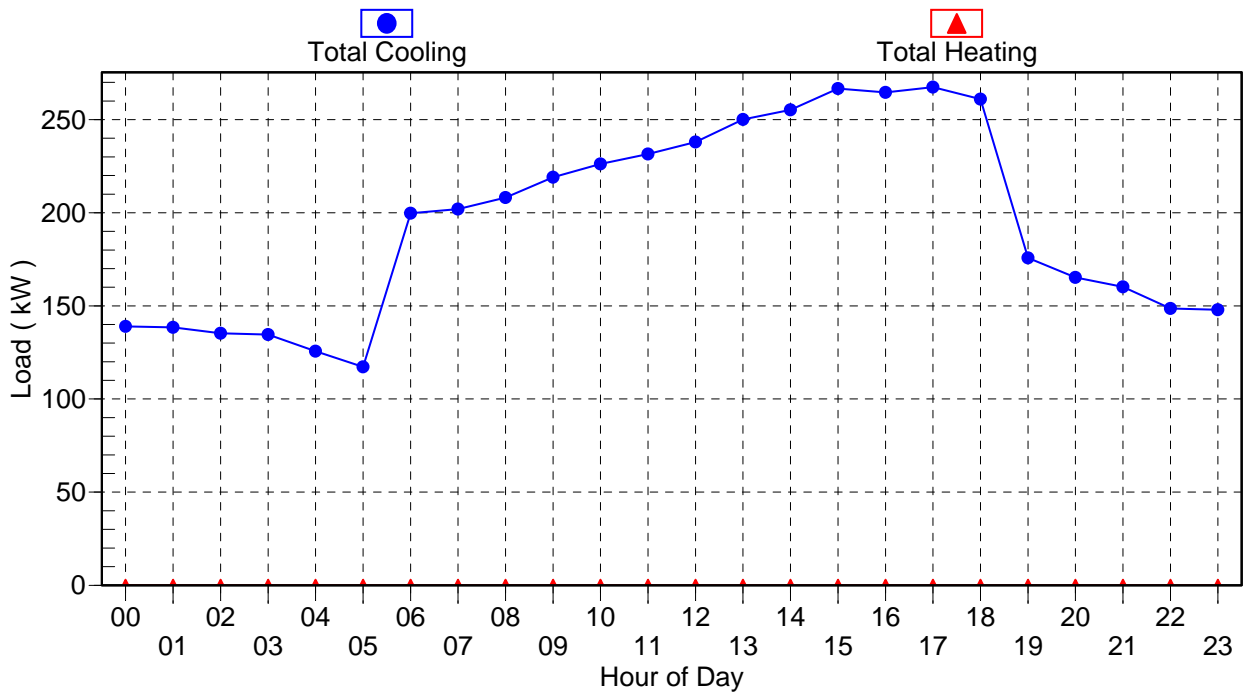


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

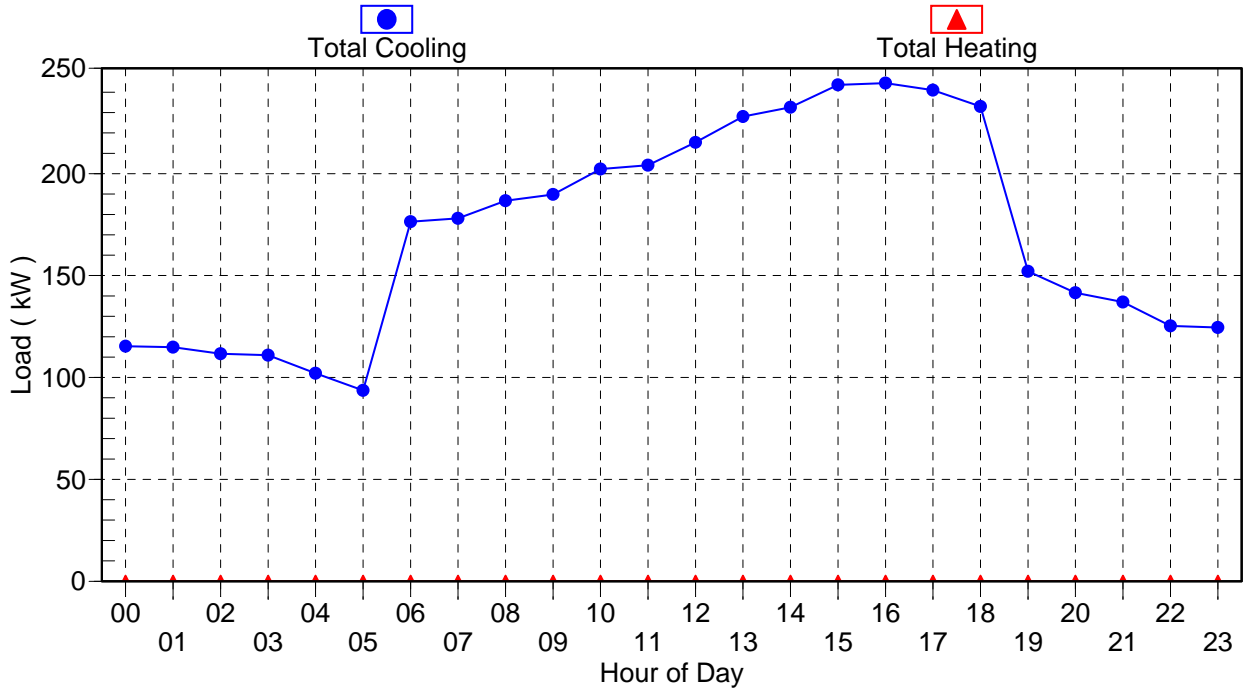
Project Name: restaurant base3
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:03 E.U

Data for August



Data for September



نحوه محاسبه میزان انرژی و هزینه صرفه جویی شده

کارایی هر یک از تغییراتی که در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها اعمال می‌شود را با محاسبه‌ی مقدار صرفه‌جویی در انرژی و نیز هزینه‌های انجام آن می‌توان بررسی نمود. بدین ترتیب با برآورد زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده و ملی در مورد لزوم یا عدم لزوم استفاده از تغییر می‌توان اظهار نظر کرد. همانگونه که در فصل سه مشاهده می‌شود، برای هر یک از تغییرات اعمال شده موارد ذیل ارائه شده است.

- هزینه‌ی سرمایه‌گذاری

هزینه‌ی فوق‌مربوط به خرید، اجرا و نصب هر مورد می‌باشد که از فهرست‌بهای مربوطه استخراج شده است.

- مقدار صرفه‌جویی در انرژی مصرفی (در یک سال)

پس از تعیین مقدار متوسط مصرف ماه‌های گرم حالت موجود و حالتی که تغییر در ساختمان ایجاد شود، اختلاف این دو حالت بیانگر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. برای تبدیل این اختلاف از وات (نتایج نرم افزار بر حسب وات می‌باشد) به کیلو ژول از رابطه‌ی ذیل استفاده می‌شود.

= مقدار صرفه جویی شده بر اساس کیلو ژول در سال

$$(1000) / (ثانیه) \times 3600 \times (ساعت) \times 12 \times (روز) \times 31 \times (تعداد ماه‌های گرم) \times 6 \times (اختلاف مصرف بر حسب وات)$$

- درصد صرفه‌جویی در مصرف کل

درصد صرفه‌جویی مطابق با رابطه‌ی ذیل تعیین شده است.

$100 \times \text{مصرف اولیه} / \text{اختلاف مصرف} = \text{درصد صرفه جویی در سال}$

- هزینه‌ی صرفه‌جویی از دیدگاه ملی (در سال)
پس از تعیین میزان انرژی صرفه‌جویی شده، این هزینه با ضرب در ضریب $0/1058385$ محاسبه می‌شود.
- زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی
پس از تقسیم هزینه‌ی انجام طرح بر هزینه‌ی صرفه‌جویی از دیدگاه ملی (در سال) می‌توان زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی را تعیین نمود.
- هزینه‌ی صرفه‌جویی شده از دیدگاه مصرف‌کننده (در سال)
پس از تعیین میزان انرژی صرفه‌جویی شده، این هزینه با ضرب در ضریب $0/01933547$ محاسبه می‌شود.
- زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده
پس از تقسیم هزینه‌ی انجام طرح بر هزینه‌ی صرفه‌جویی از دیدگاه مصرف‌کننده (در سال) می‌توان زمان بازگشت سرمایه از دیدگاه مصرف‌کننده را تعیین نمود.

نتایج نرم افزار Carrier در حالت استاندارد ساختمانها

در این قسمت نتایج خروجی نرم افزار Carrier برای حالت استاندارد هر یک از ساختمانها ارائه شده است. این نتایج به صورت جدول و گراف ارائه می شود. جدول مربوط به هر یک از ساختمانها مقدار بار برودتی ساختمان در حالت پیک مصرف را ارائه می کند. با توجه به اهمیت بار برودتی، گرافهایی از میزان تغییرات این بار در طول ماههای گرم (تیر، مرداد، شهریور) ارائه شده است. این گرافها تغییرات بارها را در روز بیشینه مصرف بر حسب ۲۴ ساعت شبانه روز ارائه می کنند.

Air System Design Load Summary for CENTRAL OFFICE

Project Name: CENTRAL OFFICE
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009

02:58PM

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4 °C / 27.9 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	342 m²	32969	-	342 m²	-	-
Wall Transmission	1170 m²	12953	-	1170 m²	13786	-
Roof Transmission	588 m²	9368	-	588 m²	8751	-
Window Transmission	342 m²	16432	-	342 m²	15470	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	12 m²	1943	-	12 m²	1241	-
Floor Transmission	532 m²	5974	-	532 m²	11717	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	8980 W	8343	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	75332 W	71110	-	0	0	-
People	296	18045	18516	0	0	0
Infiltration	-	20399	16165	-	17024	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	19754	3468	10%	6799	0
>> Total Zone Loads	-	217292	38149	-	74787	0
Zone Conditioning	-	205013	38149	-	67959	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	12065 L/s	0	-	142 L/s	0	-
Ventilation Load	2342 L/s	54885	46593	28 L/s	526	0
Supply Fan Load	12065 L/s	0	-	142 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	259898	84742	-	68485	0
Central Cooling Coil	-	259898	84761	-	-445	0
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	68930	-
>> Total Conditioning	-	259898	84761	-	68485	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

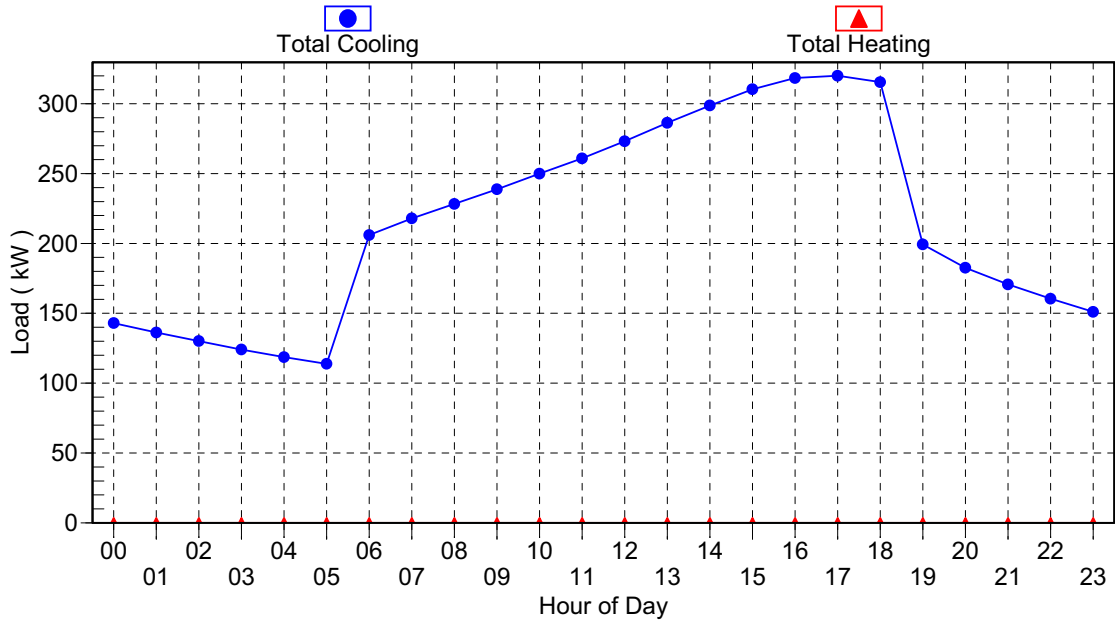
Hourly Air System Design Day Loads for CENTRAL OFFICE

Project Name: CENTRAL OFFICE
Prepared by: KHGCRO

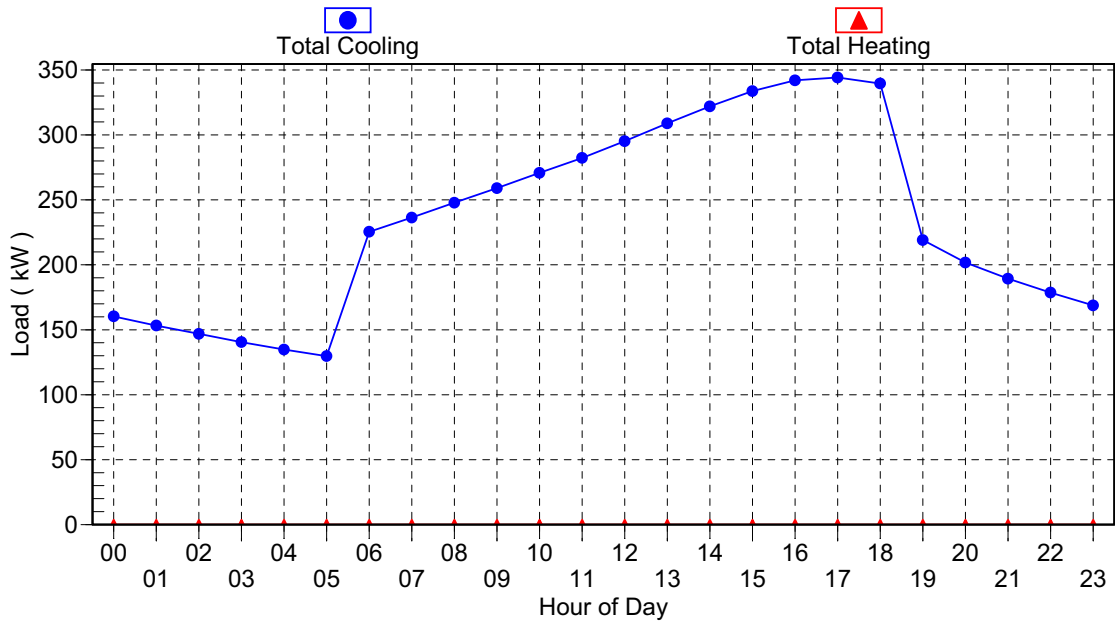
10/08/2009

02:26 PM

Data for June



Data for July



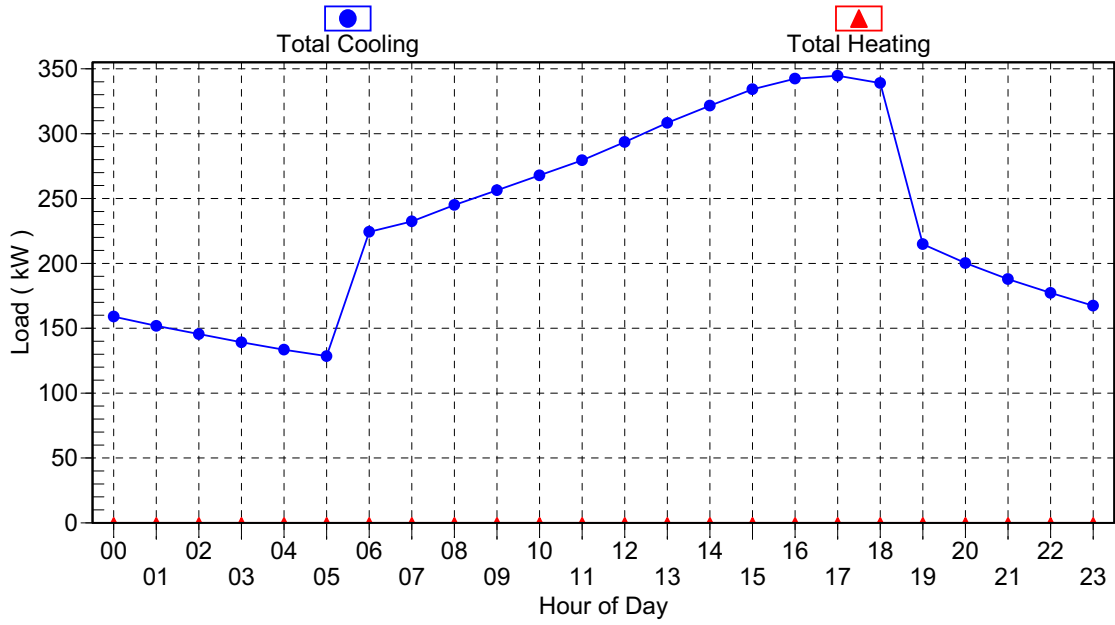
Hourly Air System Design Day Loads for CENTRAL OFFICE

Project Name: CENTRAL OFFICE
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009

02:26PM

Data for August



Air System Design Load Summary for ENGINEERING OFFICE

Project Name: ENGINEERING OFFICE
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009
03:10 PM

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4 °C / 27.9 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	198 m ²	12557	-	198 m ²	-	-
Wall Transmission	551 m ²	6192	-	551 m ²	6904	-
Roof Transmission	598 m ²	9637	-	598 m ²	9467	-
Window Transmission	198 m ²	9506	-	198 m ²	9521	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	10 m ²	1623	-	10 m ²	1074	-
Floor Transmission	451 m ²	0	-	451 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	5040 W	4688	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	16612 W	15681	-	0	0	-
People	210	12714	12617	0	0	0
Infiltration	-	5930	4553	-	5265	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	7853	1717	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	86383	18886	-	32230	0
Zone Conditioning	-	81276	18886	-	29203	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	4784 L/s	0	-	56 L/s	0	-
Ventilation Load	1814 L/s	42527	34965	21 L/s	437	0
Supply Fan Load	4784 L/s	0	-	56 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	123803	53851	-	29640	0
Central Cooling Coil	-	123803	53858	-	-25	0
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	29665	-
>> Total Conditioning	-	123803	53858	-	29640	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

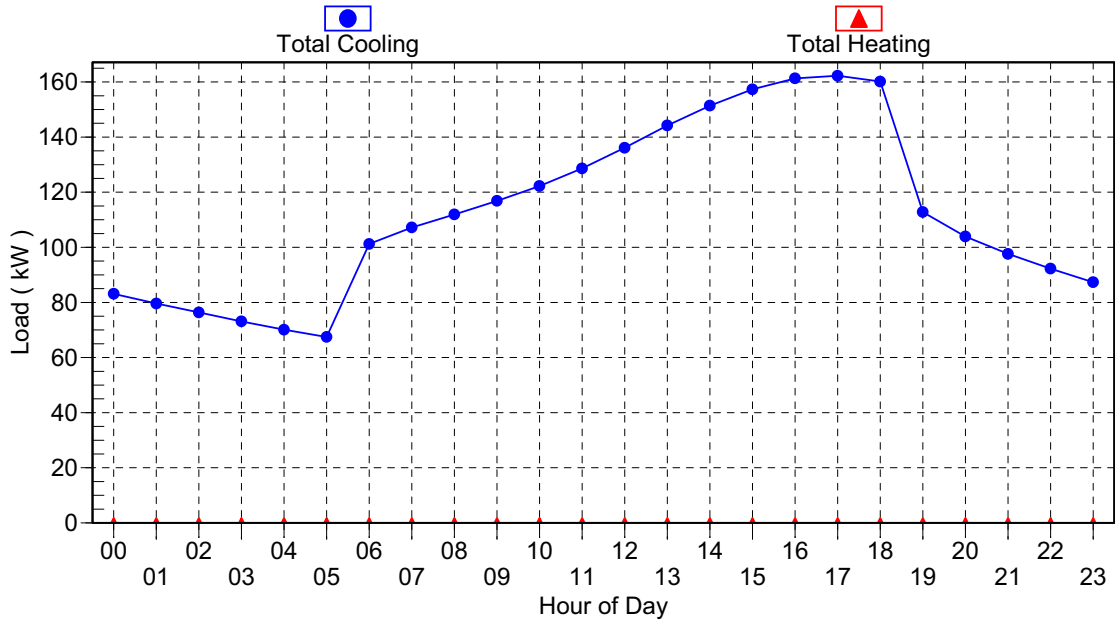
Hourly Air System Design Day Loads for ENGINEERING OFFICE

Project Name:ENGINEERING OFFICE
Prepared by: KHGCRO

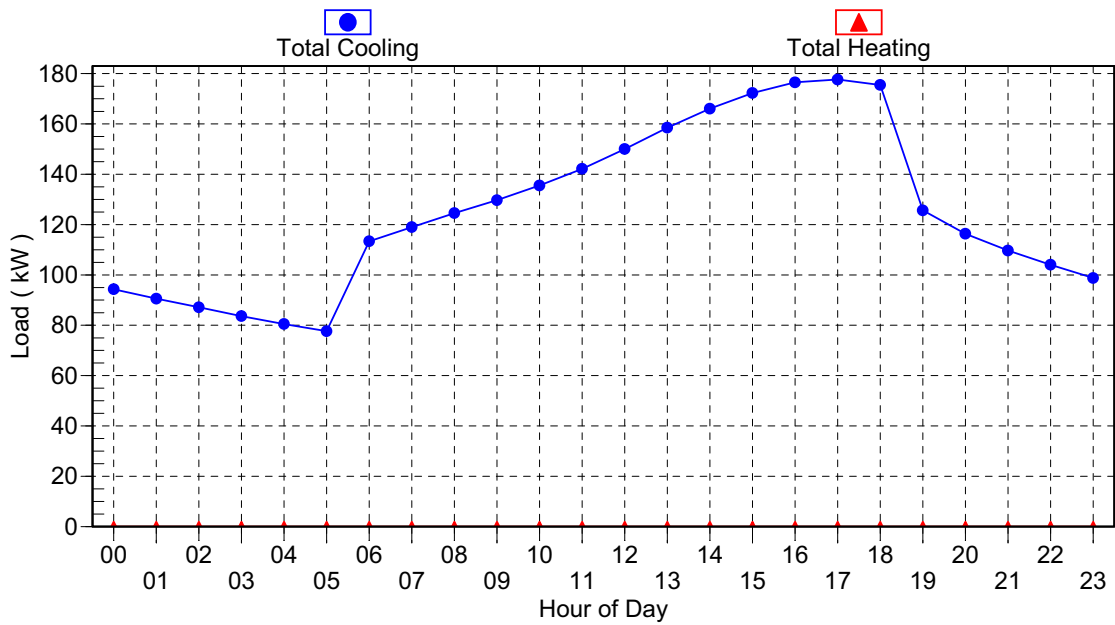
10/08/2009

02:29PM

Data for June



Data for July

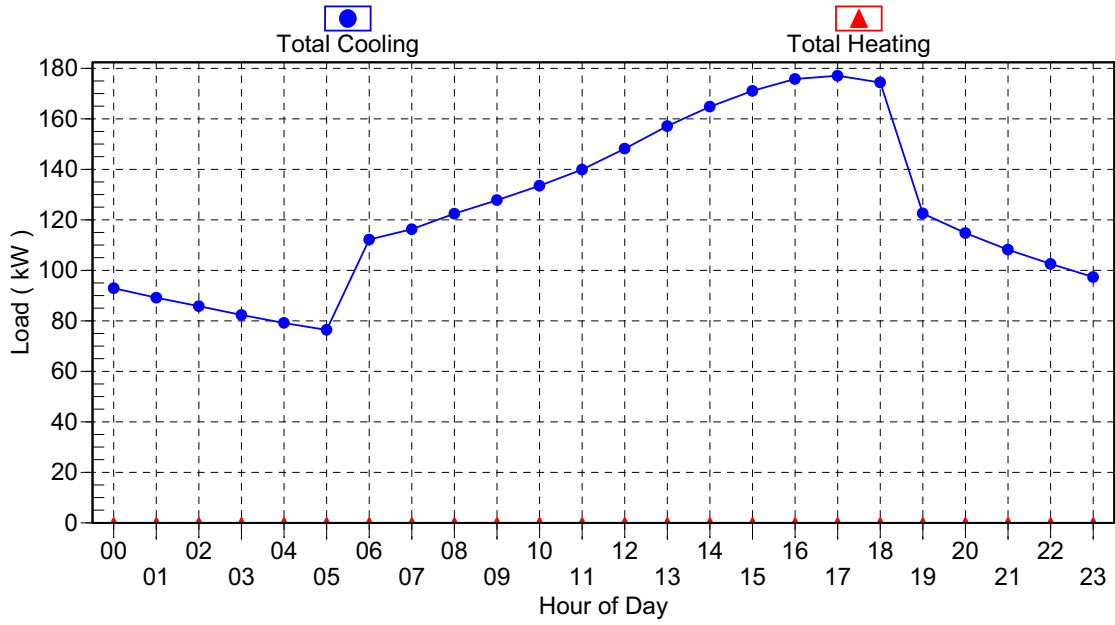


Hourly Air System Design Day Loads for ENGINEERING OFFICE

Project Name: ENGINEERING OFFICE
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009
02:29PM

Data for August



Air System Design Load Summary for BANK

Project Name: BANK
Prepared by:KHGCRO

10/08/2009

03:20PM

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.8 °C / 28.0 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	70 m²	7250	-	70 m²	-	-
Wall Transmission	730 m²	7477	-	730 m²	8405	-
Roof Transmission	411 m²	4137	-	411 m²	4307	-
Window Transmission	70 m²	4046	-	70 m²	4024	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	10 m²	2115	-	10 m²	1095	-
Floor Transmission	450 m²	0	-	450 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	9400 W	8696	-	0	0	-
Task Lighting	5200 W	4812	-	0	0	-
Electric Equipment	32086 W	30162	-	0	0	-
People	245	14639	14720	0	0	0
Infiltration	-	10142	5245	-	8814	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	9347	1996	10%	2664	0
>> Total Zone Loads	-	102821	21961	-	29309	0
Zone Conditioning	-	97690	21961	-	29852	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	7958 L/s	0	-	7958 L/s	0	-
Ventilation Load	2542 L/s	61417	33715	2542 L/s	56243	0
Supply Fan Load	7958 L/s	0	-	7958 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	159106	55675	-	86096	0
Central Cooling Coil	-	159106	55684	-	0	0
Central Heating Coil	-	0	-	-	86096	-
>> Total Conditioning	-	159106	55684	-	86096	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

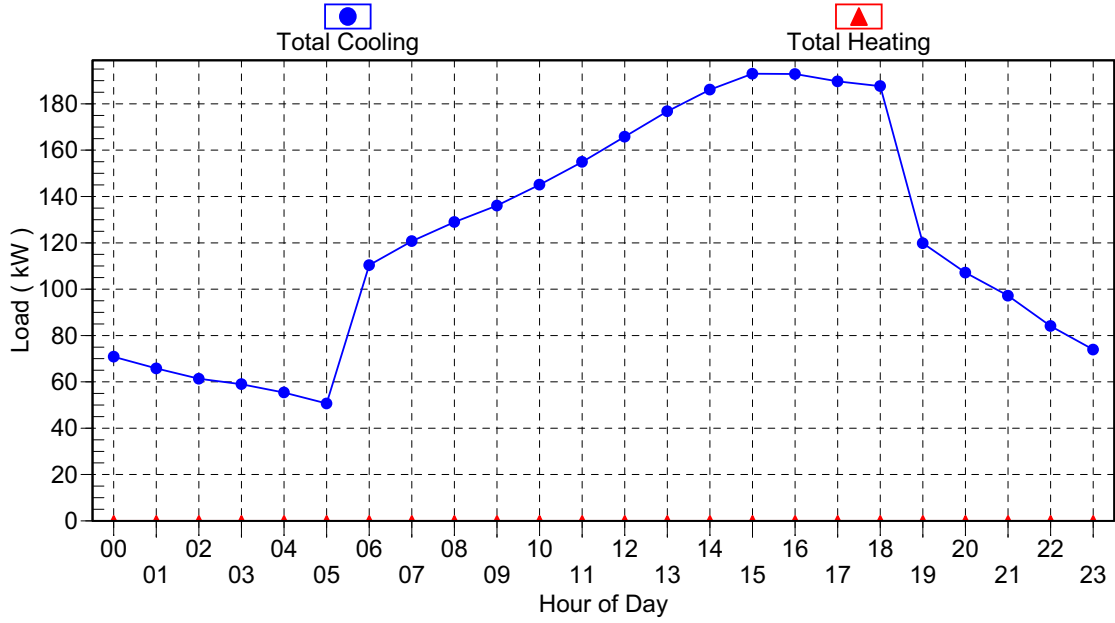
Hourly Air System Design Day Loads for BANK

Project Name: BANK
Prepared by:KHGCRO

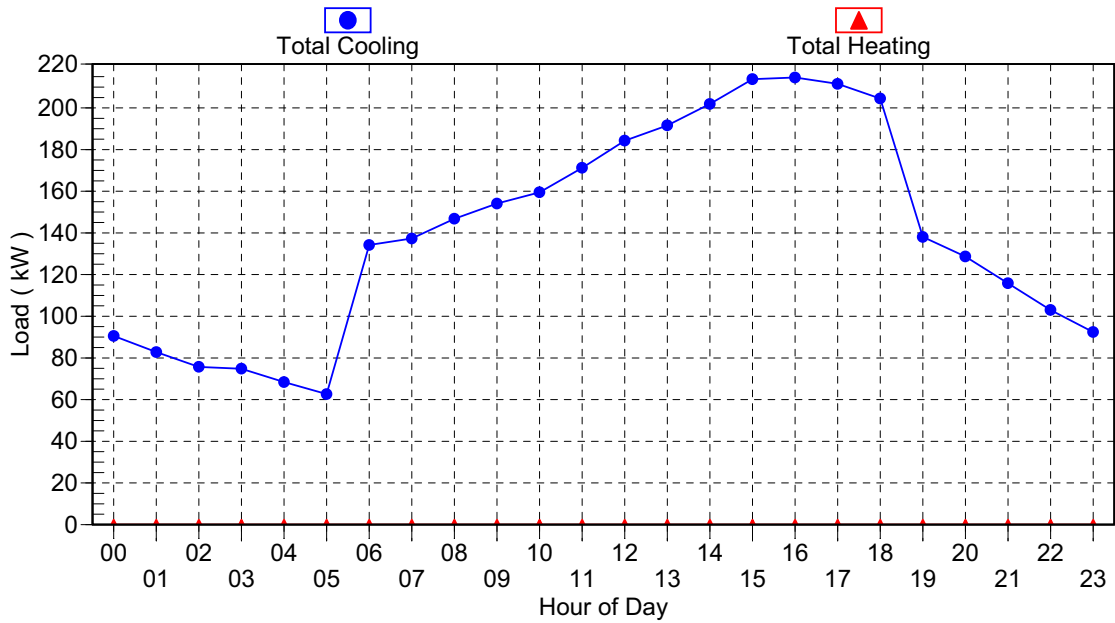
10/08/2009

02:19PM

Data for June



Data for July



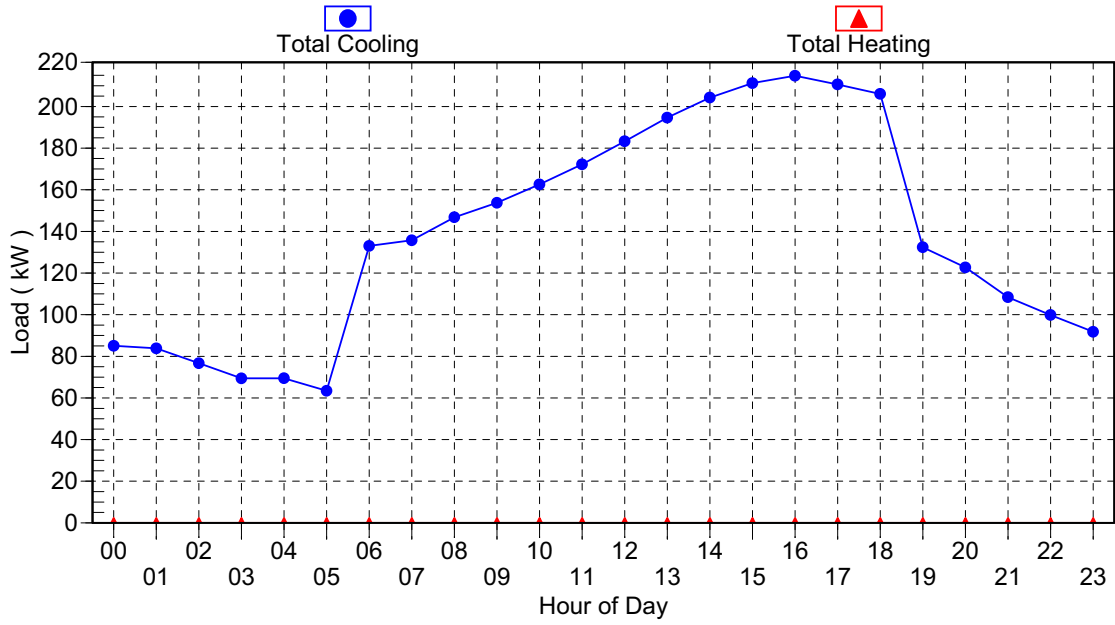
Hourly Air System Design Day Loads for BANK

Project Name: BANK
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009

02:19 PM

Data for August



Air System Design Load Summary for Customer East Affairs

Project Name: Customer East Affairs
Prepared by: KHGCRO

10/08/2009

03:26 PM

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4 °C / 27.9 °C			HEATING OA DB / WB 2.6 °C / 1.5 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	27 m ²	3434	-	27 m ²	-	-
Wall Transmission	227 m ²	2319	-	227 m ²	2614	-
Roof Transmission	100 m ²	1042	-	100 m ²	1048	-
Window Transmission	27 m ²	2172	-	27 m ²	2121	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	4 m ²	546	-	4 m ²	408	-
Floor Transmission	100 m ²	0	-	100 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	1360 W	1301	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	10000 W	9661	-	0	0	-
People	22	1430	1322	0	0	0
Infiltration	-	1445	1219	-	1283	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	10% / 10%	2335	254	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	25684	2794	-	7474	0
Zone Conditioning	-	24606	2794	-	6845	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	1446 L/s	0	-	17 L/s	0	-
Ventilation Load	190 L/s	4442	4017	2 L/s	45	0
Supply Fan Load	1446 L/s	0	-	17 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	29048	6811	-	6890	0
Central Cooling Coil	-	29048	6814	-	-92	0
Preheat Coil	-	0	-	-	0	-
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	6982	-
>> Total Conditioning	-	29048	6814	-	6890	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

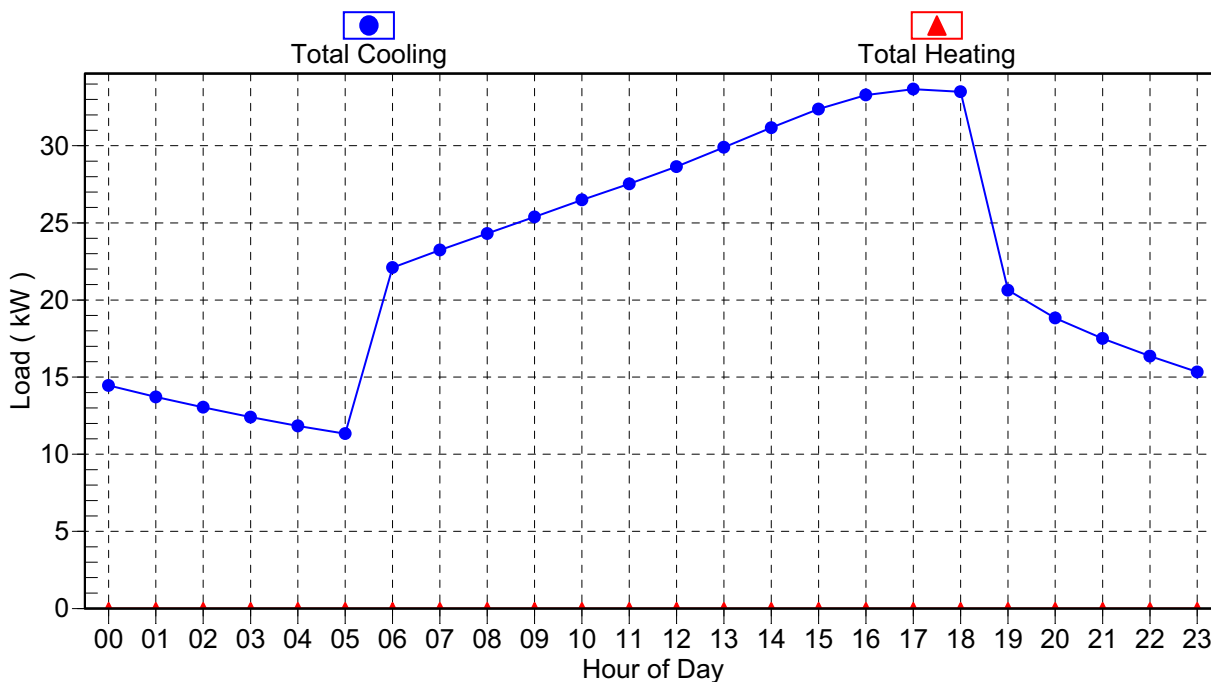
Hourly Air System Design Day Loads for Customer East Affairs

Project Name: Customer East Affairs
Prepared by: KHGCRO

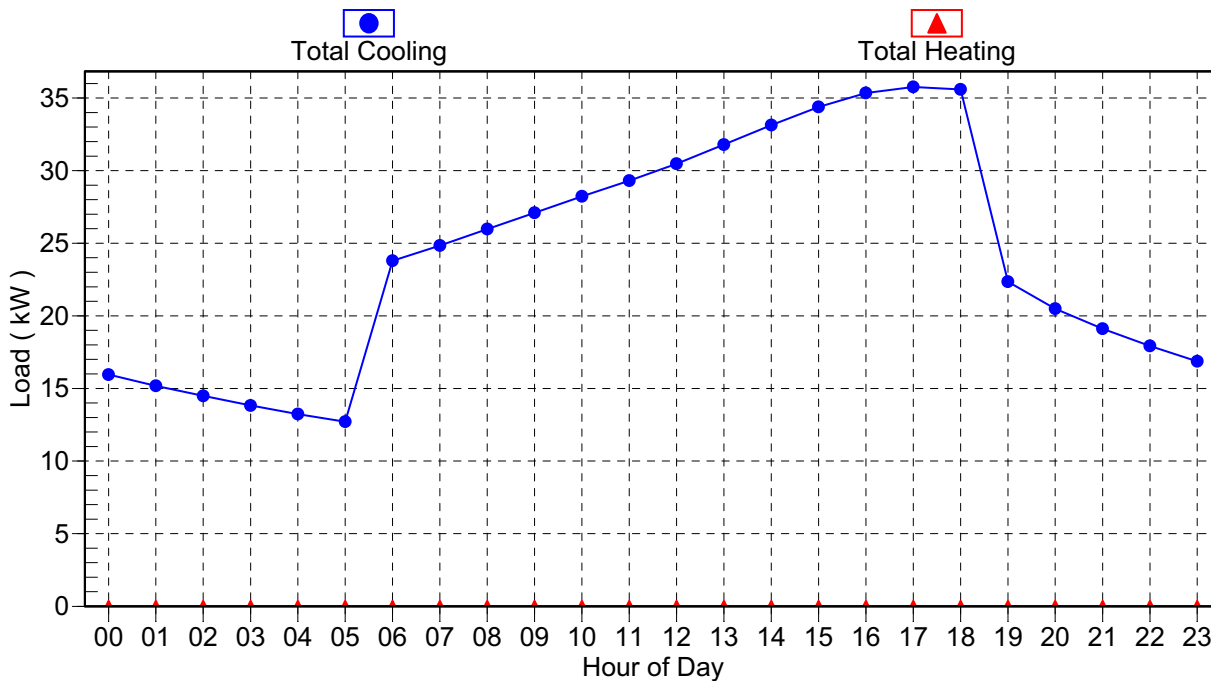
10/10/2009

05:45PM

Data for June



Data for July



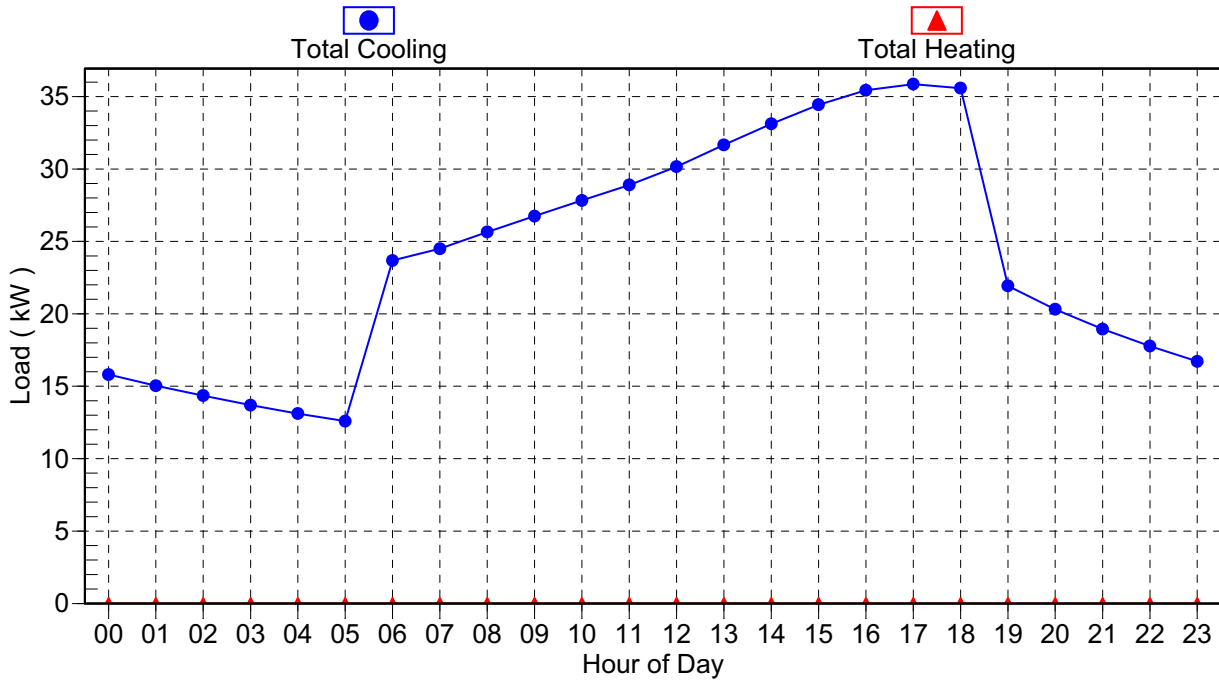
Hourly Air System Design Day Loads for Customer East Affairs

Project Name: Customer East Affairs
Prepared by: KHGCRO

10/10/2009

05:45PM

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

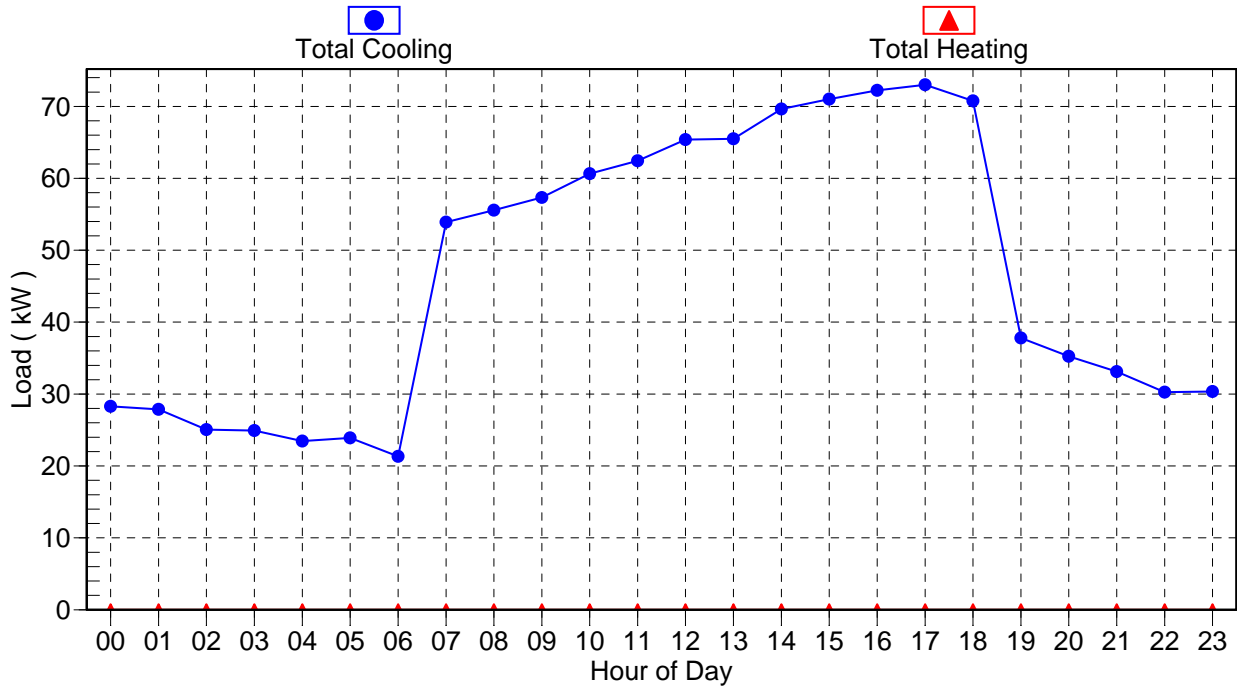
Project Name: amozash
Prepared by: KHGCRO

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.8° C / 28.0°C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5°C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 362	2468	-	m 362	-	-
Wall Transmission	m 2752	2969	-	m 2752	3322	-
Roof Transmission	m 3292	4919	-	m 3292	4972	-
Window Transmission	m 362	2812	-	m 362	2796	-
Skylight Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Door Loads	m 72	1001	-	m 72	784	-
Floor Transmission	m 3422	.	-	m 3422	.	-
Partitions	m .2	.	-	m .2	.	-
Ceiling	m .2	.	-	m .2	.	-
Overhead Lighting	W 3180	2816	-	.	.	-
Task Lighting	W .	.	-	.	.	-
Electric Equipment	W 25891	24131	-	.	.	-
People	73	4244	4386	.	.	.
Infiltration	-	1975	1139	-	1717	.
Miscellaneous	-	.	.	-	.	.
Safety Factor	% 1.0 / % 1.0	4733	552	% .	.	.
Total Zone Loads <<	-	52068	6077	-	13590	.
Zone Conditioning	-	50395	6077	-	13477	.
Plenum Wall Load	% .	.	-	.	.	-
Plenum Roof Load	% .	.	-	.	.	-
Plenum Lighting Load	% .	.	-	.	.	-
Return Fan Load	L/s 3966	.	-	L/s 3966	.	-
Ventilation Load	L/s 519	12528	7678	L/s 519	11440	.
Supply Fan Load	L/s 3966	.	-	L/s 3966	.	-
Space Fan Coil Fans	-	.	-	-	.	-
Duct Heat Gain / Loss	% .	.	-	% .	.	-
Total System Loads <<	-	62922	13755	-	24917	.
Central Cooling Coil	-	62922	13755	-	.	.
Central Heating Coil	-	.	-	-	24917	-
Total Conditioning <<	-	62922	13755	-	24917	.
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

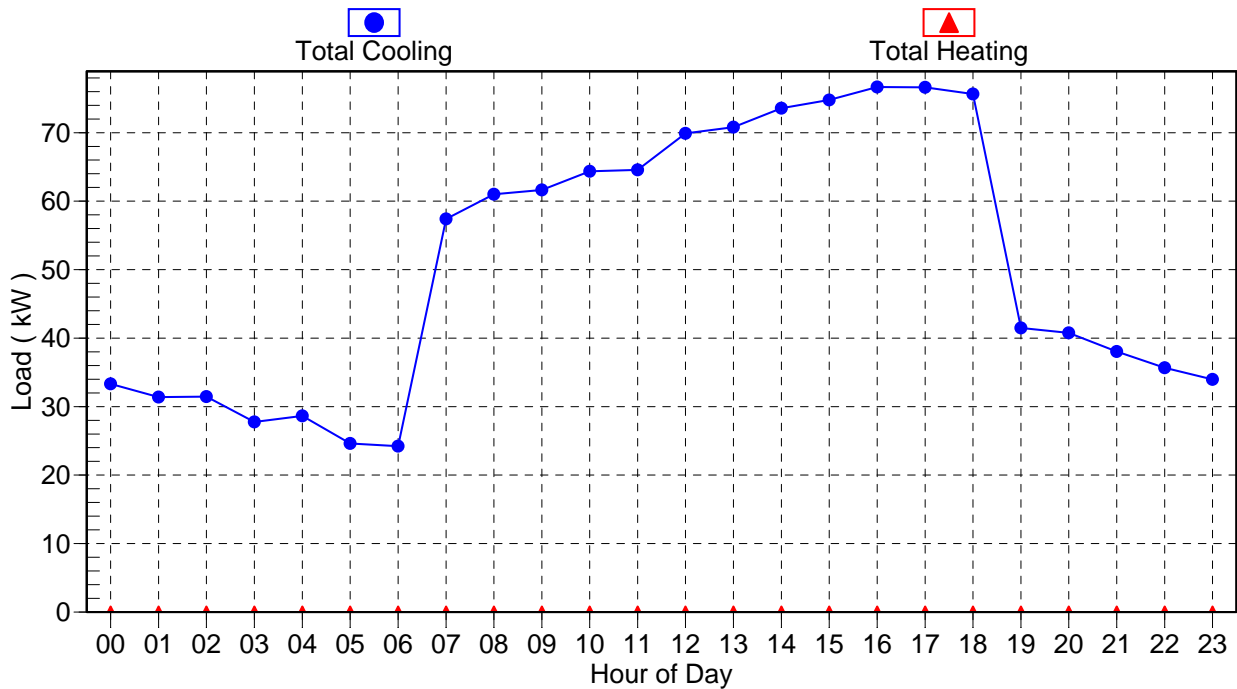
Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: amozash
Prepared by: KHGCRO

Data for June



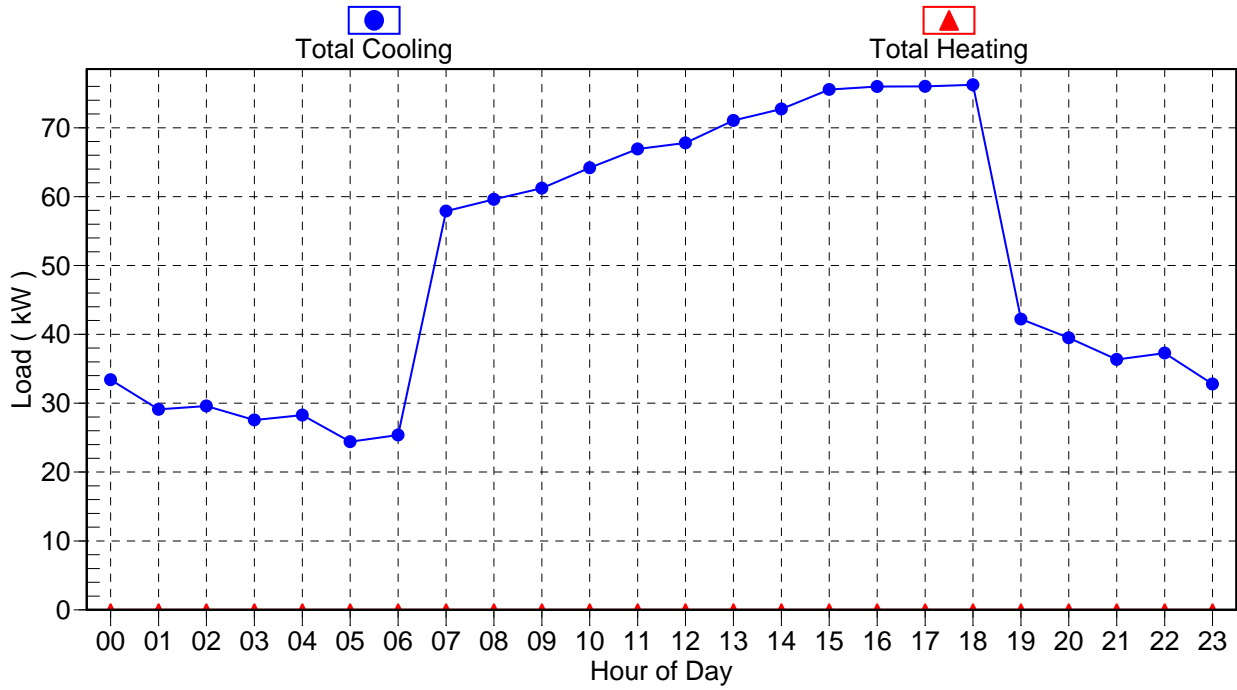
Data for July



Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: AMOZESH
Prepared by: KHGCRO

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

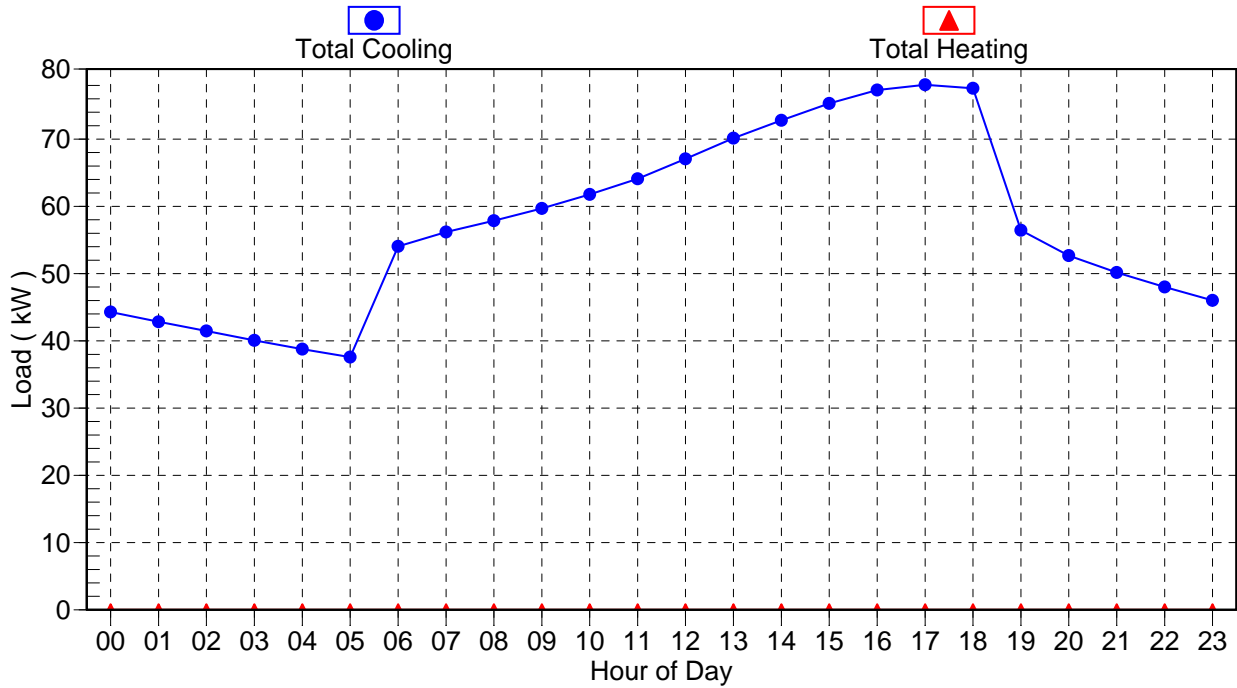
Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE
Prepared by:KHGCRO

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.4° C / 27.9°C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5°C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 782	6887	-	m 782	-	-
Wall Transmission	m 2372	5763	-	m 2372	6358	-
Roof Transmission	m 3792	5856	-	m 3792	5752	-
Window Transmission	m 782	6031	-	m 782	6060	-
Skylight Transmission	m 02	0	-	m 02	0	-
Door Loads	m 62	715	-	m 62	591	-
Floor Transmission	m 4242	0	-	m 4242	0	-
Partitions	m 02	0	-	m 02	0	-
Ceiling	m 02	0	-	m 02	0	-
Overhead Lighting	W 2800	2605	-	0	0	-
Task Lighting	W 0	0	-	0	0	-
Electric Equipment	W 1300	12356	-	0	0	-
People	71	4299	4266	0	0	0
Infiltration	-	6261	4915	-	5558	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	%10 / %10	5077	918	%10	2430	0
Total Zone Loads <<	-	55849	10099	-	26729	0
Zone Conditioning	-	51886	10099	-	24420	0
Plenum Wall Load	%0	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	%0	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	%0	0	-	0	0	-
Return Fan Load	L/s 3058	0	-	L/s 36	0	-
Ventilation Load	L/s 520	12197	10248	L/s 6	127	0
Supply Fan Load	L/s 3058	0	-	L/s 36	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	%0	0	-	%0	0	-
Total System Loads <<	-	64083	20347	-	24546	0
Central Cooling Coil	-	64083	20347	-	1720	0
Preheat Coil	-	0	-	-	0	-
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	24718	-
Total Conditioning <<	-	64083	20347	-	24546	0
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

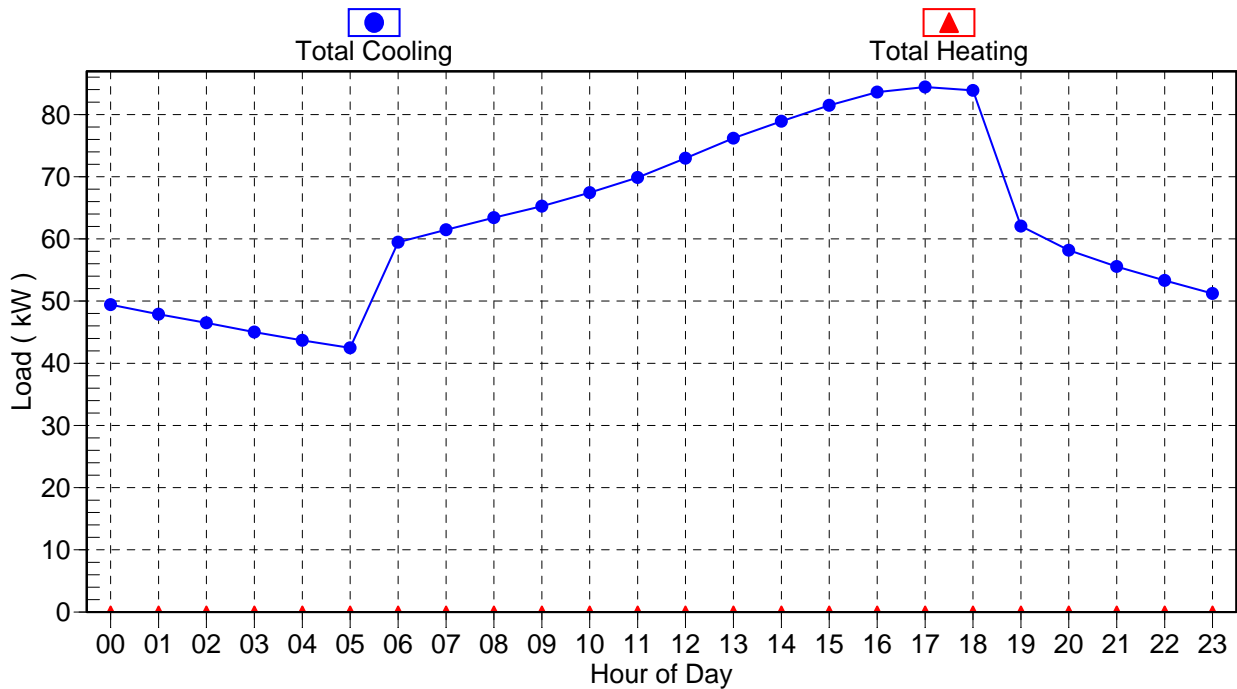
Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE
Prepared by:KHGCRO

Data for June



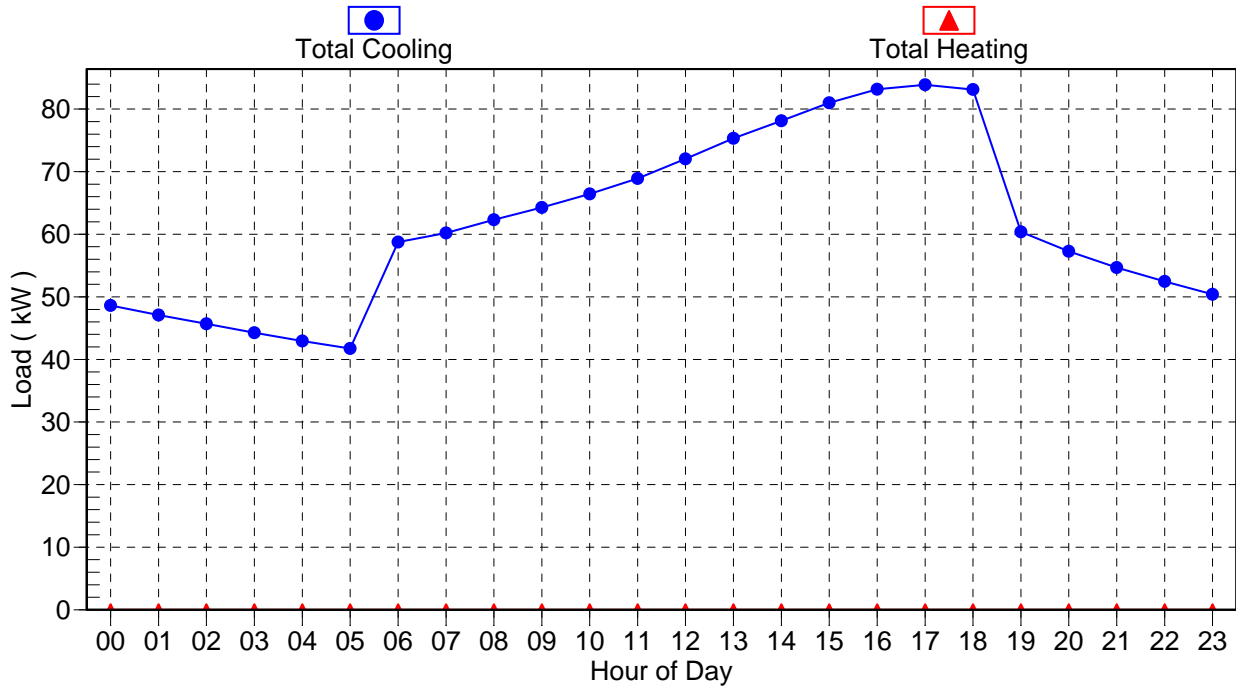
Data for July



Hourly Air System Design Day Loads for Default System

Project Name: ANBAR KALA V BHRABARDARE
Prepared by:KHGCRO

Data for August



Air System Design Load Summary for Default System

Project Name: restaurant standard2
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:00É.Ù

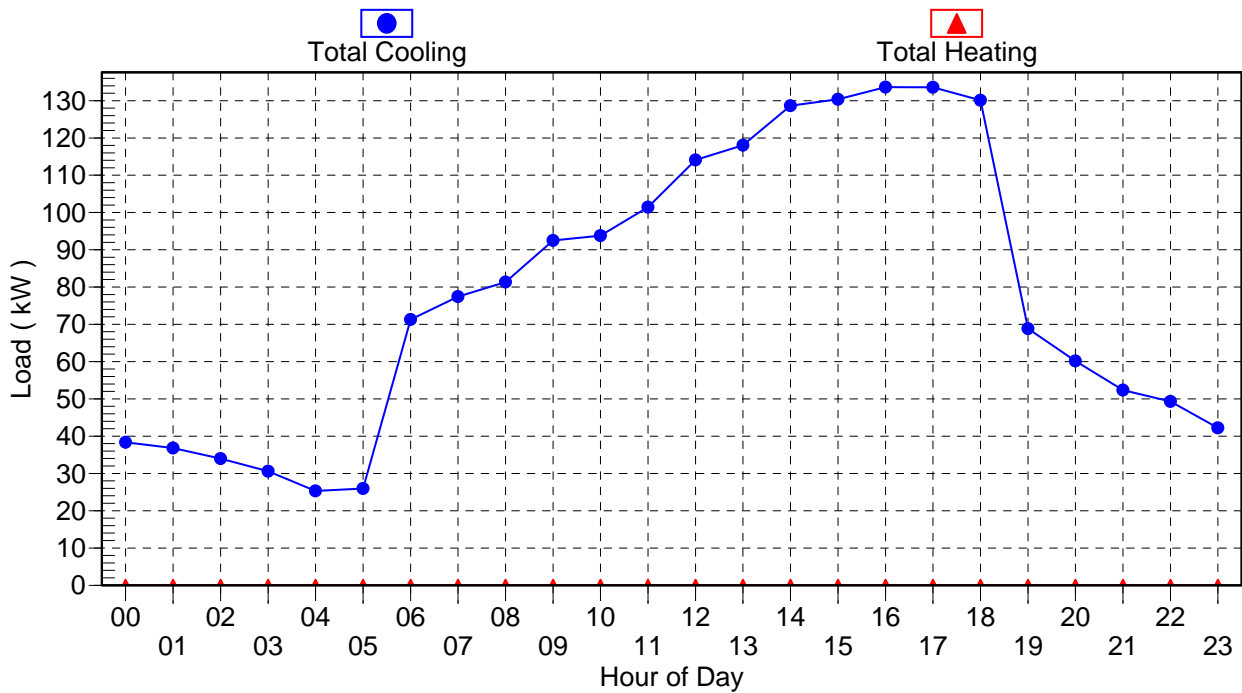
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 46.8° C / 28.0°C			HEATING OA DB / WB 2.6° C / 1.5°C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	m 1.92	9944	-	m 1.92	-	-
Wall Transmission	m 11.62	118.2	-	m 11.62	134.9	-
Roof Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Window Transmission	m 1.92	5271	-	m 1.92	5242	-
Skylight Transmission	m .2	.	-	m .2	.	-
Door Loads	m 242	39.9	-	m 242	2587	-
Floor Transmission	m 6142	.	-	m 6142	.	-
Partitions	m 24.2	9858	-	m 24.2	.	-
Ceiling	m 6262	12692	-	m 6262	.	-
Overhead Lighting	W 778.	7199	-	.	.	-
Task Lighting	W .	.	-	.	.	-
Electric Equipment	W 54.	5.8	-	.	.	-
People	146	8724	8772	.	.	.
Infiltration	-	8864	415.	-	15277	.
Miscellaneous	-	33926	17462	-	.	.
Safety Factor	%1. / %1.	1127.	3.28	%.	.	.
Total Zone Loads <<	-	123966	33422	-	36516	.
Zone Conditioning	-	116747	33422	-	37554	.
Plenum Wall Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Roof Load	%.	.	-	.	.	-
Plenum Lighting Load	%.	.	-	.	.	-
Return Fan Load	L/s 9433	.	-	L/s 9433	.	-
Ventilation Load	L/s 1348	32531	1619.	L/s 1348	2989.	.
Supply Fan Load	L/s 9433	.	-	L/s 9433	.	-
Space Fan Coil Fans	-	.	-	-	.	-
Duct Heat Gain / Loss	%.	.	-	%.	.	-
Total System Loads <<	-	149278	49612	-	67444	.
Central Cooling Coil	-	149278	496.5	-	.	.
Central Heating Coil	-	.	-	-	67444	-
Total Conditioning <<	-	149278	496.5	-	67444	.
:Key	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Hourly Air System Design Day Loads for Default System

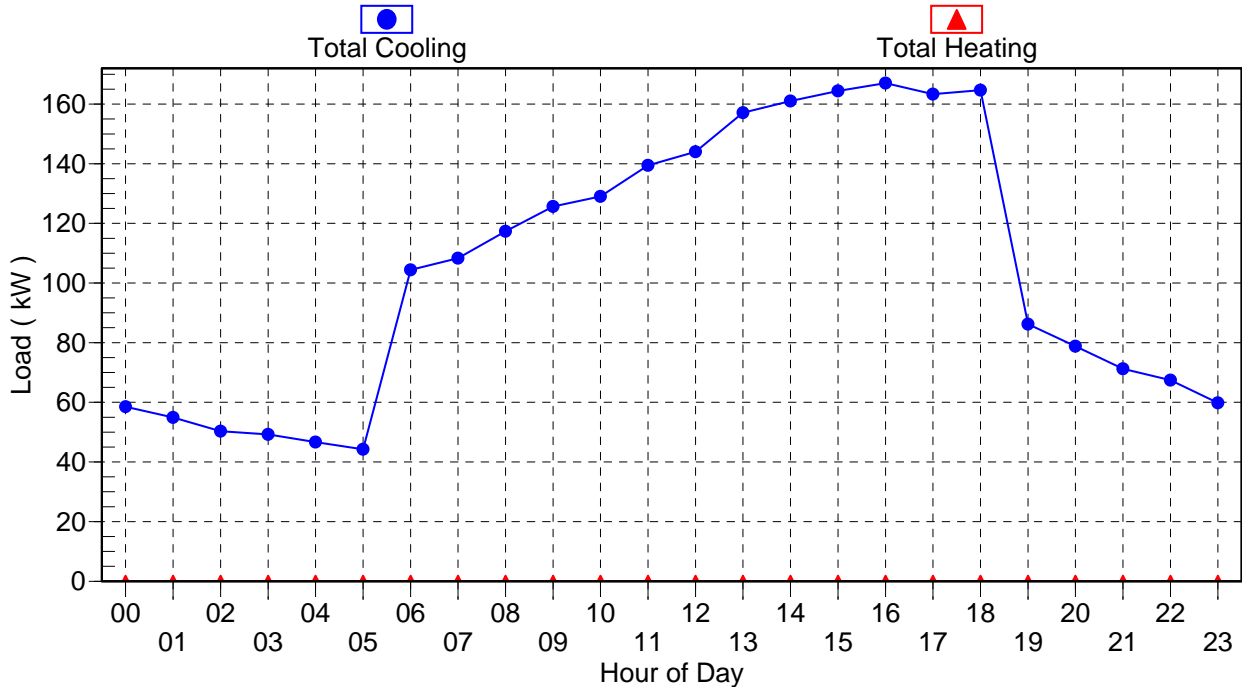
Project Name: restaurant standard2
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:00E.U

Data for April



Data for May

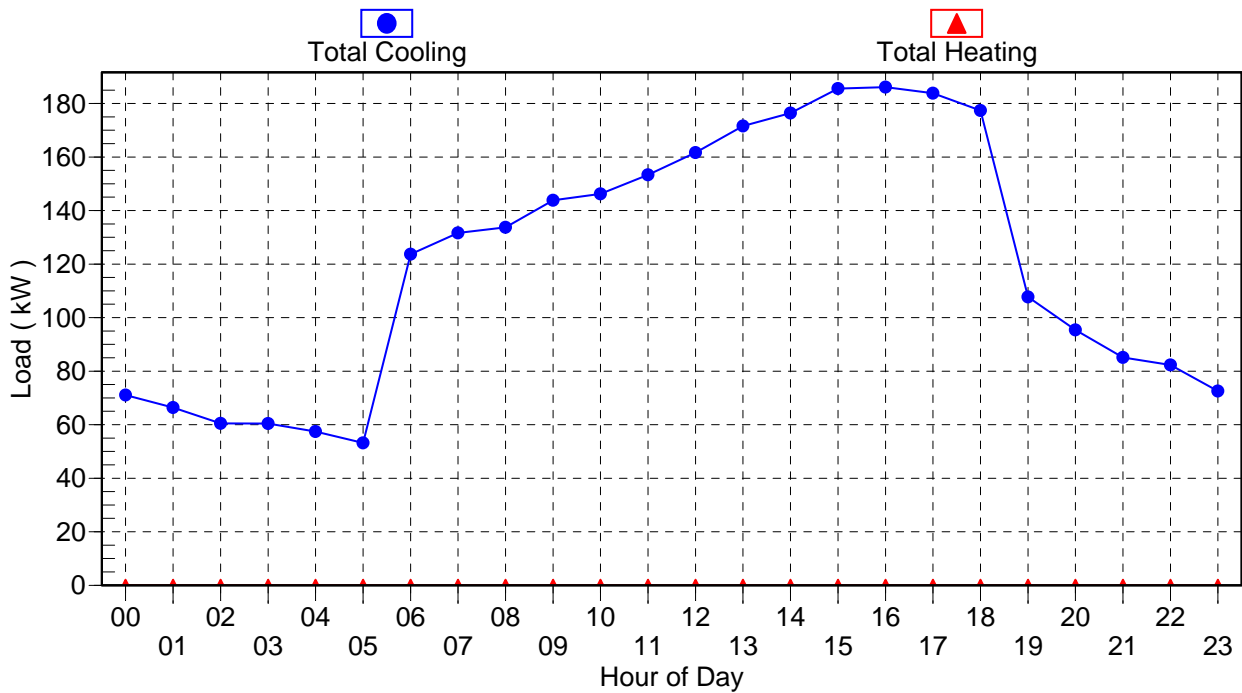


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

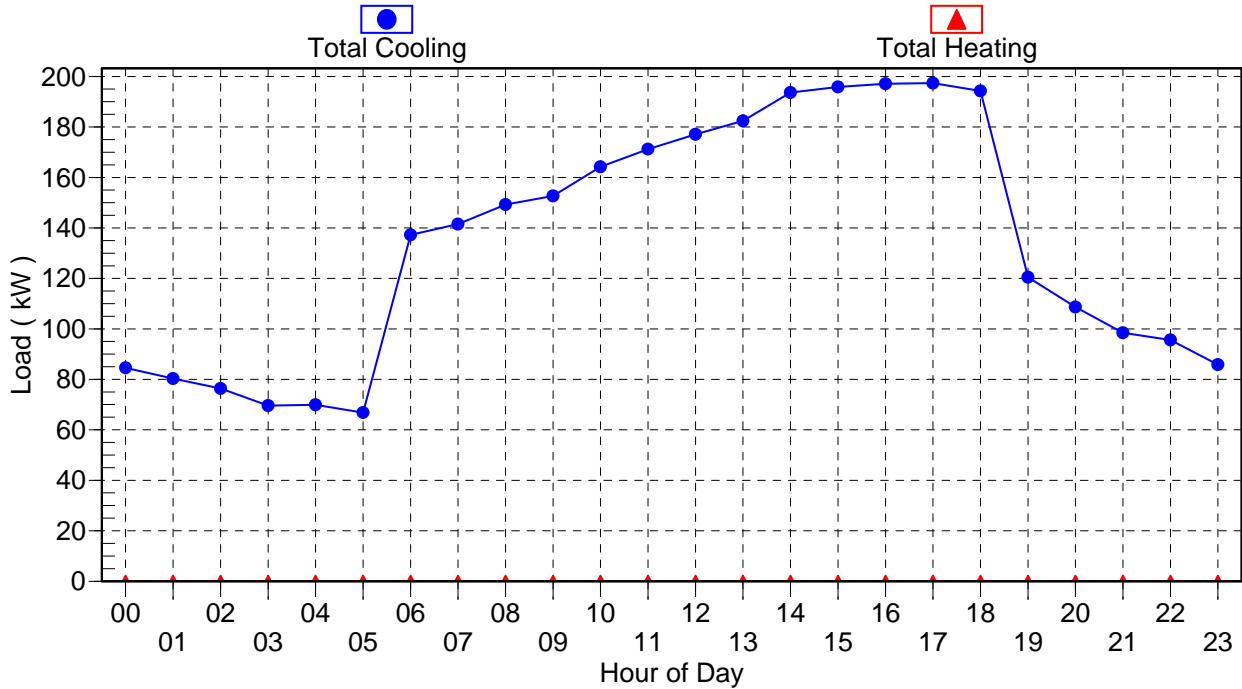
Project Name: restaurant standard2
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:00E.Ü

Data for June



Data for July

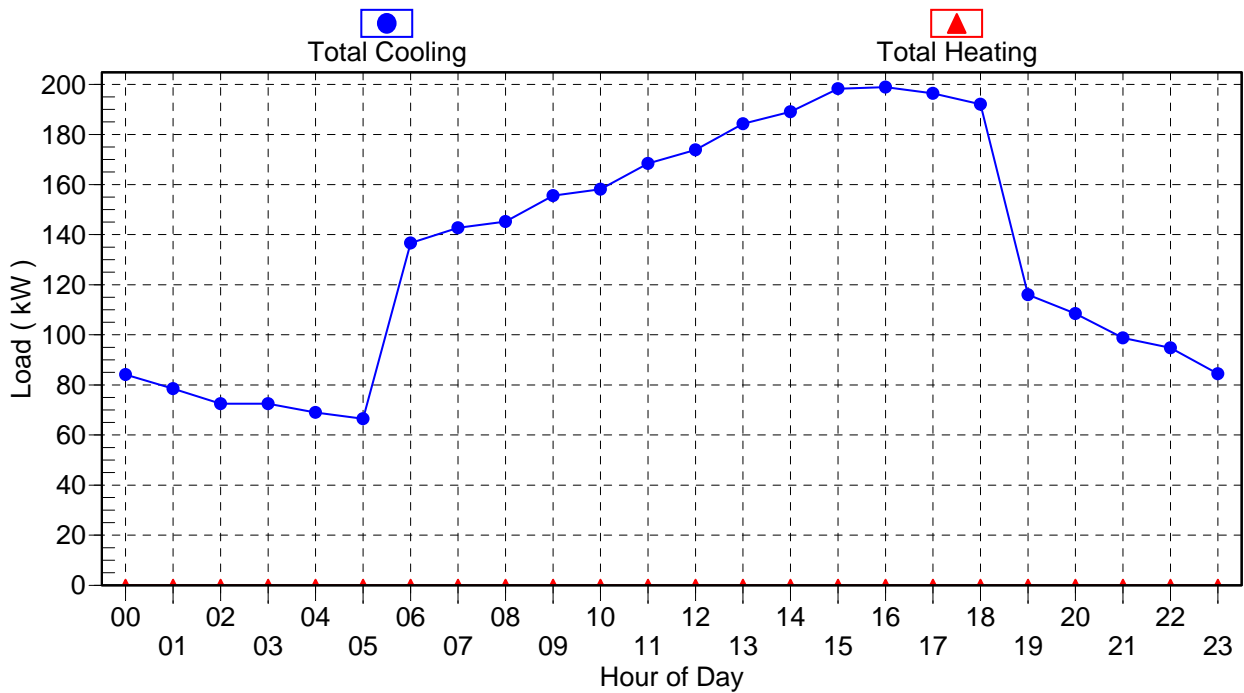


Hourly Air System Design Day Loads for Default System

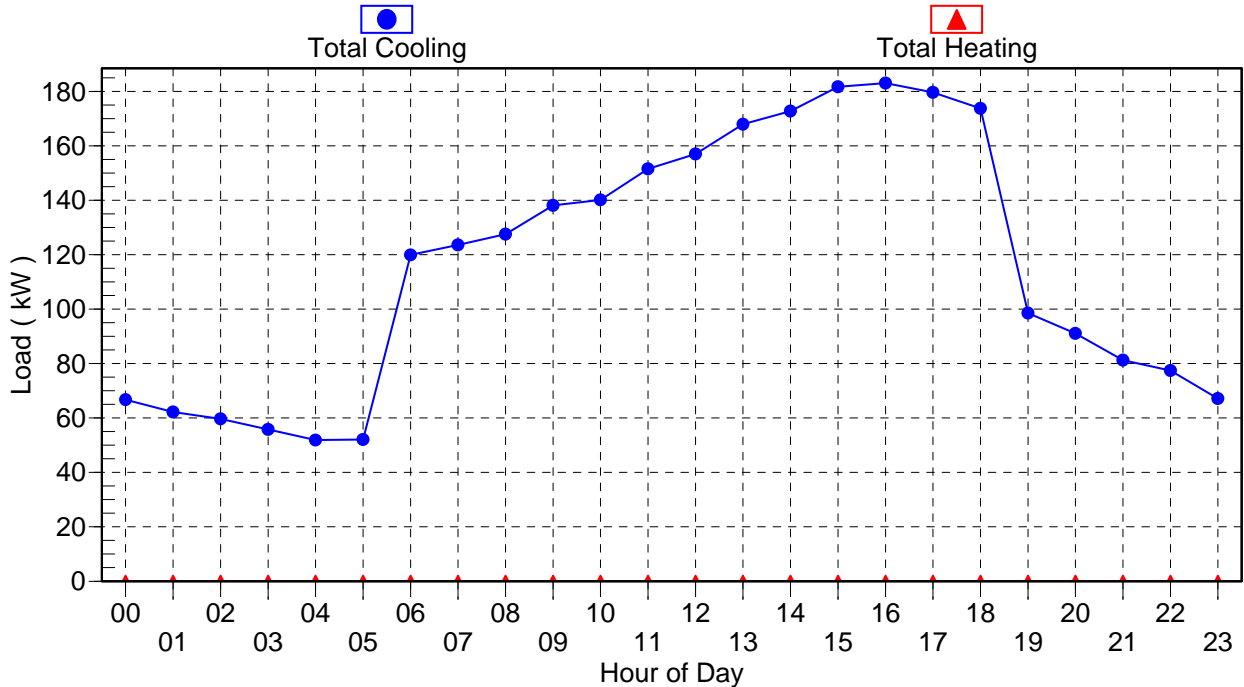
Project Name: restaurant standard2
Prepared by: r.mojaddam

12/28/2009
06:00E.Ü

Data for August



Data for September



مقاله شبیه‌سازی جریان گذرا در خطوط لوله گاز طبیعی به کمک فضای حالت

طراحی بهینه خطوط لوله و صرفه جویی در هزینه‌های گازرسانی نیازمند داشتن اطلاعاتی دقیق در مورد افت فشار، نرخ جریان و توزیع دما در شبکه توزیع گاز طبیعی می‌باشد. یکی از ابزارهای بسیار مناسب در طراحی و تحلیل شبکه‌های گاز، شبیه‌سازی (مدلسازی) عددی جریان درون این شبکه‌ها می‌باشد. با استفاده از این نوع شبیه‌سازی می‌توان به اطلاعات لازم در زمینه مدل دینامیکی شبکه‌های توزیع گاز طبیعی دست یافت. هدف از این مقاله، بدست آوردن حل عددی جریان غیردائم درون شبکه‌های توزیع گاز طبیعی در فضای حالت است به گونه‌ای که بتوان ضمن برخورداری از دقت مناسب، جریان غیردائم را با سرعت محاسباتی بالا شبیه‌سازی نمود. در مقاله ای که تدوین شده و به کنفرانس ASME 2010 ارائه شده است، دو لوله گاز و یک شبکه گاز مثلثی نمونه مورد بررسی قرار گرفته و با روش فضای حالت حل شده است. نتایج با مقالات دیگر مقایسه شده است که می‌توان مشاهده نمود که از دقت خوبی برخوردار می‌باشند.

TRANSIENT FLOW SIMULATION IN NATURAL GAS PIPELINES USING THE STATE SPACE MODEL

M. Behbahani-Nejad
Assistant Professor,
Mechanical Engineering
Department
Shahid Chamran University,
Ahvaz, Iran, 61355-148
Email: bnmorteza@scu.ac.ir

A.Ghanbarzadeh
Assistant Professor,
Mechanical Engineering
Department
Shahid Chamran University,
Ahvaz, Iran, 61355-148
Email
Ghanbarzadeh.A@scu.ac.ir

R. Alamian
M. Sc. student, Mechanical
Engineering Department
Shahid Chamran University,
Ahvaz, Iran, 61355-148
Email:
rezvanalamian@gmail.com

ABSTRACT

A transient flow simulation for gas pipelines and networks is proposed. The proposed transient flow simulation is based on the state space equations. The equivalent transfer functions of the nonlinear governing equations are derived for different boundary conditions types. Next, the state space equations are derived from the transfer functions. To verify the accuracy of the proposed simulation, the results obtained are compared with those of the conventional finite difference schemes (such as total variation diminishing algorithms, method of lines, and other finite difference implicit and explicit schemes). The effect of the flow inertia is incorporated in this simulation. The accuracy and computational efficiency of the proposed method are discussed for a single gas pipeline and a sample gas network.

Keywords: *transient flow, transfer function, state space, natural gas, gas pipeline.*

I.INTRODUCTION

Natural gas transportation and distribution are commonly accomplished in many countries through the gas pipelines and networks. Due to the on-line controlling and reasons that are incidental or/and accidental to the operation of gas transmission pipelines or networks, transient flows do commonly arise. Thus, pipeline operations are actually transient processes and in fact steady state operations are rarity in practice. The governing equations for a transient subsonic flow analysis of natural gas in pipelines are a set of two nonlinear hyperbolic partial differential equations. Many algorithms and numerical methods such as implicit and explicit finite differences, method of characteristics and so on, have been applied by several researchers for transient

flow in gas pipelines [1]–[6]. However, almost all of these conventional schemes are time consuming especially for gas network analysis.

Some of investigators [1], [2] have neglected inertia term in momentum equation to linearize partial differential set of equations. But, it will result in loss of accuracy. Yow introduced the concept of inertia multiplier to partially account the effect of the inertia term [3]. Osiadacz et al. simulated transient gas flow with isothermal assumption without neglecting any terms in momentum equation for gas networks [4]. Kiuchi used an implicit method to analyze unsteady gas networks at isothermal conditions [6]. Also, Dukhovnaya and A. Michael [7], and Zhou and Adewumi [8] did flow simulation with the same assumptions and using TVD schemes. Tentis et al. have used an adaptive method of lines to simulate the transient gas flow in pipelines [9]. Ke and Ti analyzed isothermal transient gas flow in the pipeline networks using the electrical models for the loops and nodes [10]. Recently, Gonzales et al. [11] have used MATLAB-Simulink and prepared some S-functions to simulate transient flow in gas networks. At their work, two simplified models have derived containing Crank-Nicolson algorithm and method of characteristics. Reddy et al. [12] have proposed an efficient transient flow simulation for gas pipelines and networks using the transfer functions in Laplace domain. They derived the equivalent transfer functions for the governing equations and then, using the convolution theorem, they obtained the series form of the output in the time domain. Behbahani-nejad and Bagheri [13] prepare a MATLAB-Simulink library to simulate the transient flow in gas pipelines and networks. They derived the transfer functions of a single pipeline to develop a MATLAB-Simulink library and then extended it for a gas pipeline network simulation.

In the present study, the state space equations are employed for simulation of transient flow in gas pipelines and networks. For this purpose, the mathematical model of the transient flow in a gas pipeline is presented. Next, the flow transfer functions are derived based on the mathematical model. Finally, the state space equations are obtained using the transfer functions and are employed to analyze transient flow in a gas pipeline and a gas network.

II. MATHEMATICAL MODEL

The set of partial differential equations describing the general one-dimensional compressible gas flow dynamics through a pipeline under isothermal conditions is obtained by applying the conservation of mass, momentum and an equation of state relating the pressure, density and the temperature. For a general pipe as shown in Fig. 1., these hyperbolic partial differential equations are [14]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2 + P)}{\partial x} = -\frac{\rho u |u|}{2D} f - \rho g \sin \alpha \quad (2)$$

$$P = \rho Z R_g \quad (3)$$

where ρ is the gas density, P is the pressure, u is the gas axial velocity, g is the gravitational acceleration, α is the pipe inclination, f is the friction coefficient, Z is the gas compressibility factor, and D is the pipeline diameter.

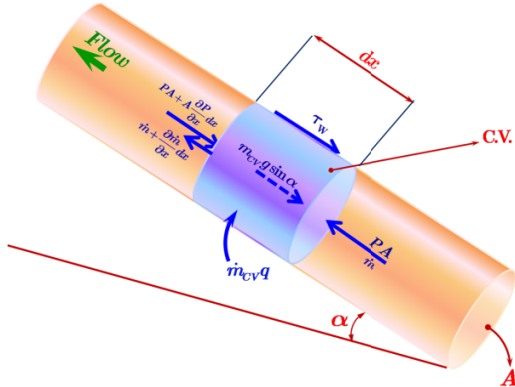


Fig. 1. A control volume in a general gas pipeline

The governing equations in matrix form are

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} = R \quad (4)$$

where

$$F = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + P \end{bmatrix}, \quad R = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{\rho u |u|}{2D} f - \rho g \sin \alpha \end{bmatrix} \quad (5)$$

Another form of the relations (1) and (2) versus the gas pressure and the mass flow rate can be written as [14]

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{P}{(1 + \hat{k}P)RT} \right) + \frac{1}{A} \frac{\partial \dot{m}}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial x} = & -\frac{1}{A} \frac{\partial \dot{m}}{\partial x} - RT \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{(1 + \hat{k}P)}{AP} \dot{m} \right) \\ & - \frac{f}{2DA} \frac{\dot{m} |\dot{m}|}{P} (1 + \hat{k}P) RT \\ & - g \frac{\Delta h}{L} \frac{P}{(1 + \hat{k}P)RT} \end{aligned} \quad (7)$$

where \dot{m} shows the mass flow rate and \hat{k} is an experimental parameter which is used to compute the compressibility factor, i.e.

$$Z = 1 + \hat{k}P \quad (8)$$

III. FLOW TRANSFER FUNCTIONS

To obtain the flow transfer functions, P_0 , T_0 , A_0 , and ρ_0 are considered as the reference values and the nonlinear partial differential equations (6) and (7) are linearized about them. Moreover, these reference values are also considered to define the corresponding dimensionless variables expressed as

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{x}{L} \\ t^* &= \frac{tc}{L} \\ P^* &= \rho^* = \frac{P}{P_0} \\ \dot{m}^* &= \dot{m}c / P_0 A_0 \\ u^* &= \frac{u_0}{c} \end{aligned} \quad (9)$$

where u_0 is the average gas velocity in the pipe and is calculated as [14]

$$u_0 = \frac{(\dot{m}_{in} + \dot{m}_{out})Z_0RT_0}{(P_{in} + P_{out})A_0} \quad (10)$$

When the governing equations (6) and (7) are linearized and the nondimensional variables are used, with some mathematical manipulations one obtains [14]

$$\frac{\partial \Delta \dot{m}^*}{\partial \xi} = -\frac{\partial \Delta P^*}{\partial t^*} \quad (11)$$

$$[1 - u^{*2}] \frac{\partial \Delta P^*}{\partial \xi} - \frac{\partial \Delta \dot{m}^*}{\partial t^*} + 2u^* \frac{\partial \Delta P^*}{\partial t^*} - |u^*| f L^* \Delta \dot{m}^* + \left\{ \frac{f L^*}{2} u^* |u^*| - \frac{g \Delta h}{c^2} \right\} \Delta P^* \quad (12)$$

where

$$\Delta P^* = P^* - P_0^* \quad (13)$$

$$\Delta \dot{m}^* = \dot{m}^* - \dot{m}_0^* \quad (14)$$

Since for the practical subsonic transient flows $u^* = u_0/c \ll 1$, one can omit u^{*2} at the left hand side of (12). Taking the Laplace transform of (11) and (12), yields the following two coupled linear ordinary differential equations

$$\frac{\partial \Delta \dot{m}^*(s)}{\partial \xi} = -s \Delta P^*(s) \quad (15)$$

$$\frac{\partial \Delta P^*(s)}{\partial \xi} = -[|u^*| f L^* - s] \Delta \dot{m}^*(s) + \left\{ \frac{f L^*}{2} u^* |u^*| - \frac{g \Delta h}{c^2} + 2u^* s \right\} \Delta P^*(s) \quad (16)$$

After imposing the boundary conditions, the above system of ODE can be solved. For example, if the gas pressure at the inlet and the mass flow rate at the pipe outlet are specified as functions of time, the above system of ODE results in [14]

$$\begin{cases} \Delta P_{out}^*(s) = e^{\gamma/2} \frac{2b}{2b \cosh(b) - \gamma \sinh(b)} \Delta P_{in}^*(s) \\ \quad - \frac{2\alpha \sinh(b)}{2b \cosh(b) - \gamma \sinh(b)} \Delta M_{out}^*(s) \\ \Delta M_{in}^*(s) = \frac{2\beta \sinh(b)}{2b \cosh(b) - \gamma \sinh(b)} \Delta P_{in}^*(s) \\ \quad + e^{-\gamma/2} \frac{2b}{2b \cosh(b) - \gamma \sinh(b)} \Delta M_{out}^*(s) \end{cases} \quad (17)$$

where α , β , b and γ are defined in annex A. After Taylor-expansion of the hyperbolic terms in (17), the simplified transfer functions are

$$\begin{cases} \Delta P_{out}^*(s) = F_{P_{out}, P_{in}} \Delta P_{in}^*(s) + F_{P_{out}, M_{out}} \Delta M_{out}^*(s) \\ \Delta M_{in}^*(s) = F_{M_{in}, P_{in}} \Delta P_{in}^*(s) + F_{M_{in}, M_{out}} \Delta M_{out}^*(s) \end{cases} \quad (18)$$

where

$$F_{P_{out}, P_{in}}(s) = k_1 \frac{1}{1 + a_1 s} \quad (19)$$

$$F_{M_{in}, P_{in}}(s) = \frac{c_1}{1 + \hat{a}_1 s} \quad (20)$$

$$F_{P_{out}, M_{out}}(s) = -k_2 \frac{1 + b_1 s}{1 + \hat{a}_1 s} \quad (21)$$

$$F_{M_{in}, M_{out}}(s) = \frac{1}{1 + d_1 s} \quad (22)$$

The coefficients of the above expansions are also presented in annex A. For other types of the boundary conditions, similar relations can be obtained.

IV. STATE SPACE MODEL

When the flow transfer functions are obtained, they are used to derive the state space equations for transient analysis. The block diagram of the model is shown in Fig. 2. shows also the selected variables as states of the system (x_1 to x_4), two inputs, gas pressure at the inlet and mass flow rate at the outlet, and two outputs, the outlet pressure and the inlet gas flow rate. So the state space equations are

$$\dot{x}_1 = \frac{-1}{a_1} x_1 + \frac{k_1}{a_1} P_{in} \quad (23)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{-1}{\hat{a}_1} x_2 + \frac{1}{\hat{a}_1} P_{in} \quad (24)$$

$$\dot{x}_3 = \frac{-1}{\hat{a}_1} x_3 - \frac{k_2}{\hat{a}_1} M_{out} \quad (25)$$

$$\dot{x}_4 = \frac{-1}{d_1} x_4 + \frac{1}{d_1} M_{out} \quad (26)$$

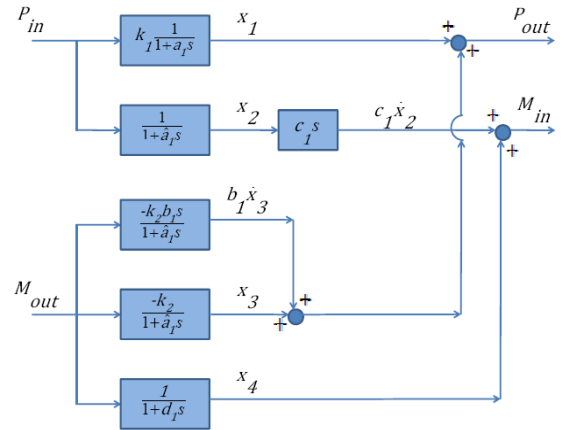


Fig.2. Block diagram of model when the inlet pipeline pressure and the outlet gas flow rate are inputs

Outputs of the systems can be written as follows

$$P_{out} = x_1 + \left(1 - \frac{b_1}{\hat{a}_1}\right) x_3 - \frac{b_1 k_2}{\hat{a}_1} M_{out} \quad (27)$$

$$M_{in} = -\frac{c_1}{\hat{a}_1}x_2 + x_4 - \frac{c_1}{\hat{a}_1}P_{in} \quad (28)$$

For other boundary conditions, similar models can be made.

The proposed approach is now extended to simulate a gas network. A typical network which has been studied by Osiadacz [4], Ke and Ti [10], and Behbahani-nejad and Bagheri [13] is considered and simulated with the present approach. Fig. 3. shows schematic of this network. The accuracy of the obtained results of the proposed simulation are discussed in the next section.

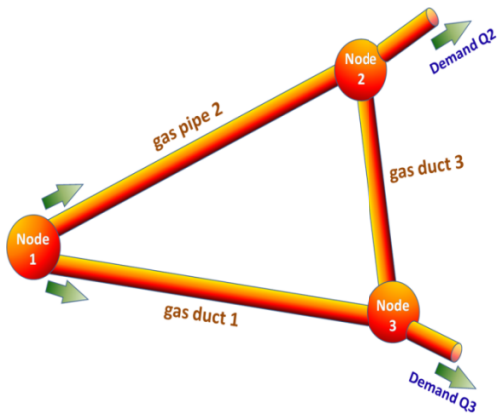


Fig. 3. The gas pipeline network

V. RESULTS AND DISCUSSIONS

The results of the proposed transient simulation are compared with the obtained results of Reddy et al. [12] for a single pipeline. In order to verify the accuracy of the present state space model, a 8000 m long pipeline of 0.406 m diameter with an elevation of 1 m was considered as a test case. The pipeline transports natural gas with 0.675 specific gravity at 27°C. The gas viscosity is $1 \times 10^{-5} N \cdot sec/m^2$, while the pipeline wall roughness is 0.046 mm. At the pipeline's inlet, the gas pressure is kept constant at 6 MPa, whereas the pipe's mass flow rate at the outlet varies with a 6000-sec cycle, corresponding to changes in consumer demand within 6000 sec as is depicted in Fig. 4.

Figure 5. illustrates the present results of state space model for mass flow rate time changes at the pipe inlet, along with the obtained results by Reddy et al. [12]. It can be seen that there is good agreement and both models produce identical results.

A 72259.5 m long pipeline of 0.2 m diameter was considered as another case test. The experimental data is available for this problem and has been studied by Taylor et al. [15], Zhou and Adewumi [8], Tentis et al. [9], and also Behbahani-nejad and Bagheri [13]. The pipeline transports natural gas of 0.675 specific gravity at 10°C. The gas viscosity is $1.1831 \times 10^{-5} N \cdot sec/m^2$, while the pipeline wall roughness is 0.617 mm and isothermal sound speed equals 367.9 m/s. At the pipeline's inlet, the gas pressure is kept constant at 4.205 MPa, whereas the pipe's mass flow rate at the outlet varies with

a 24-hour cycle, corresponding to changes in consumer demand within a day as is depicted in Fig. 6.

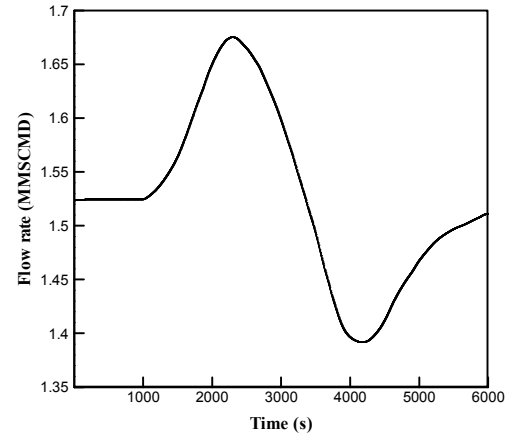


Fig. 4. A 6000-sec irregular flow imposed at the pipe outlet

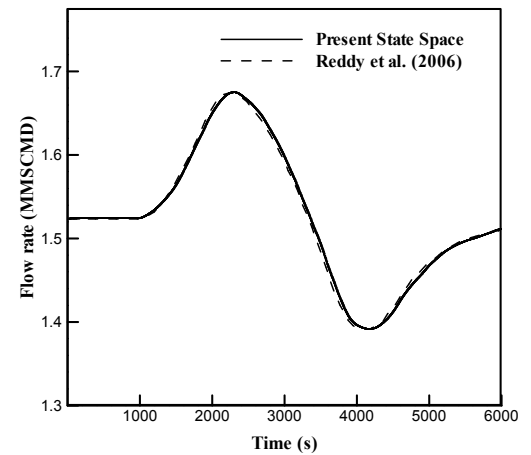


Fig. 5. Comparison of mass flow rate time history at the inlet

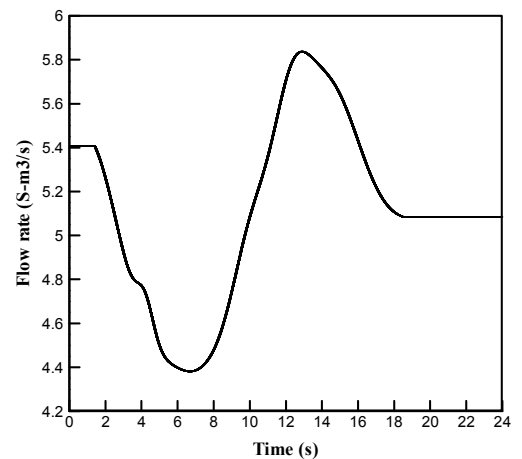


Fig. 6. A 24-hour irregular flow imposed at the pipe outlet

Figure 7. illustrates the results of present state space model for pressure time changes at the pipe outlet, along with those of the others [8], [9], [15] and the experimental results. The results of present state space model is comparable with other results and behaves like nonlinear finite difference models.

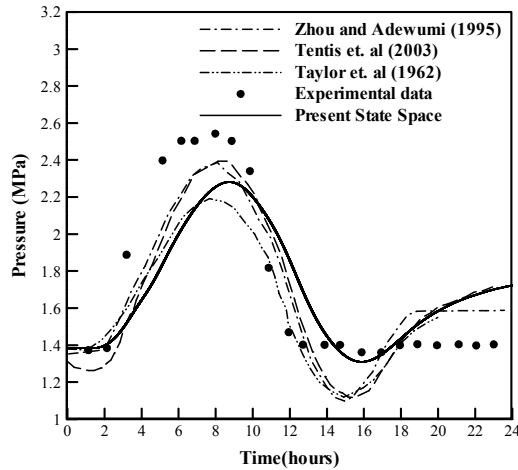


Fig. 7. Comparison of pressure time history at the outlet

Finally, a typical network as shown in Fig. 3. was considered to validate the results of the present gas network simulation. The geometrical data of the network is introduced in Table I and the gas demand at the nodes 2 and 3 are illustrated in Fig. 8. The pressure source in the network is node 1 which is maintained at a constant pressure of 5 MPa. The gas specific gravity is approximately 0.6, the operational temperature is $5^{\circ}C$, and the friction factor is considered to be constant and equal to 0.003. The present simulation results are compared with those obtained by Osiadacz [4], Ke and Ti [10], and Behbahani-nejad and Bagheri [13] in Figs. 9. and 10. The obtained results are in good agreement with the others.

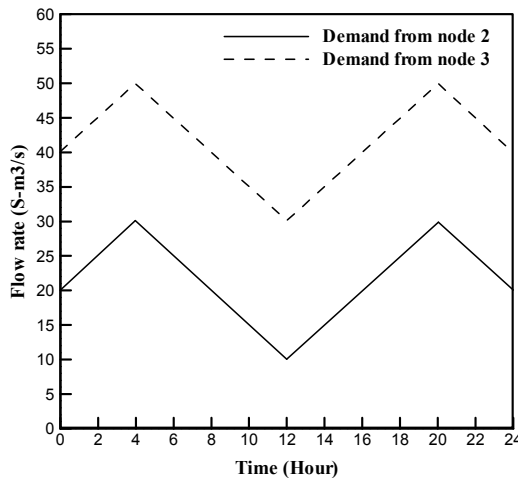


Fig. 8. Demands versus time for nodes 2 and 3 of the simulated network

Gas Pipe ID	From node	To node	Diameter (m)	Length (km)
1	1	3	0.6	80
2	1	2	0.6	90
3	2	3	0.6	100

Table 1. Pipe geometrical data for the considered network

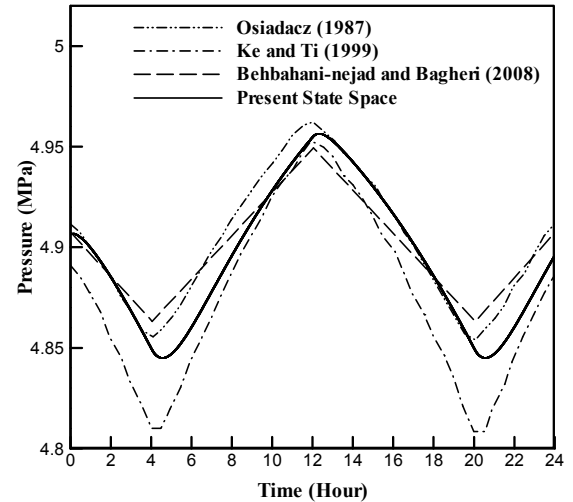


Fig. 9. Outlet pressure results for nodes 2

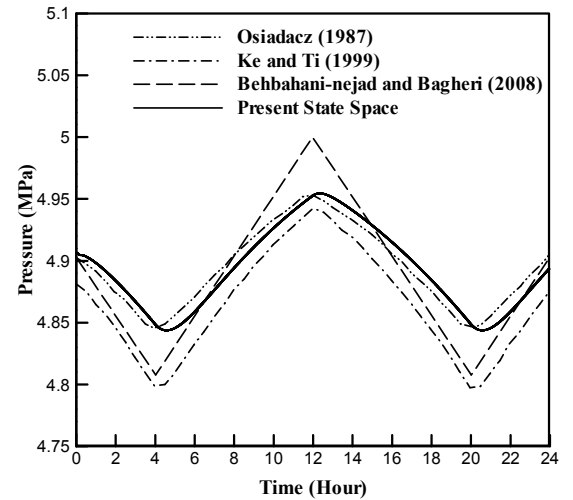


Fig. 10. Outlet pressure results for nodes 3

VII. CONCLUSION

The proposed simulation can be applied to analyze the transient flow of natural gas in pipelines and networks with a sufficient accuracy. Since the proposed simulation is used the state space of the transient gas flows, it is more computationally efficient than the other finite difference methods. On the other hand, one can assemble the state space equations of all the

network pipes to simulate the dynamic behavior of a gas network. So the state space model can be used efficiently for more complicated networks. However, because the present simulation is based on the flow state space equations, it only can give the endpoints results, not those distributions along the pipelines.

ACKNOWLEDGMENTS

Khuzestan Gas Company and Shahid Chamran University are acknowledged for providing technical, administrative, and financial assistance.

REFERENCES

- [1] Wylie, E. B., Stoner, M. A., and Streeter, V. L., 1971, "Network Transient Calculation by Implicit methods", Soc. Pet Eng. J., 356-362.
- [2] Luongo, C. A., October 1986, "An Efficient Program for Transient Flow Simulation in Natural Gas Pipelines", 15th Annual Meeting Pipeline Simulation Interest Group (PSIG), New Orleans.
- [3] Yow, W., 1971, "Analysis and Control of Transient Flow in Natural Gas Piping System", Ph.D. dissertation, U. of Michigan, Ann Harbor.
- [4] Osiadacz, A. J., 1987, "Simulation and Analysis of Gas Networks", E. & F.N. Spon, London.
- [5] Ibraheem, S. O. and Adewumi, M. A., 1996, "Higher-Resolution Numerical Solution for 2-D Transient Natural Gas Pipeline Flows", Soc. of Petroleum Eng., SPE 35626, pp. 473-482.
- [6] Kiuchi, T., 1994, "An Implicit Method for Transient Gas Flow in Pipe Networks", Int. J. Heat and Fluid Flow, Vol. 15, No. 5, pp. 378-383.
- [7] Dukhovnaya, Y. and Michael, A., 2000, "Simulation of non-isothermal transient in gas/condensate pipelines using TVD schemes", Petroleum and Natural Gas Eng., The Pennsylvania State University, USA.
- [8] Zhou, J. and Adewumi, M. A., 1996, "Simulation of Transient Flow in Natural Gas Pipelines", the Pennsylvania State University, Petroleum and Natural Gas Engineering, GRI-PA 16802
- [9] Tentis, E., Margaris, D., and Papanikas, D., 2003, "Transient gas flow simulation using an Adaptive Method of Lines", U. of Patras, C. R. Mechanics J., pp. 481-487.
- [10] Ke, S. L. and Ti, H. C., 1999, "Transient analysis of isothermal gas flow in pipeline network", chemical eng. J., 169-177.
- [11] Gonzales, A. H., De La Cruz, J. M., Andres-Toro, B. D., and Risco-Martin, J. L., 2009, "Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network", Applied Mathematical Modelling, Volume 33, Issue 3, Pages 1584-1600.
- [12] Reddy, H. P., Narasimhan, S., and Bhallamudi, S. M., 2006, "Simulation and State Estimation of Transient Flow in Gas Pipeline Networks Using a Transfer Function Model", Department of Chemical Engineering and Department of Civil Engineering, Indian Inst. of Technology, Madras, Chennai-600036, India.
- [13] Behbahani-Nejad, M. and Bagheri, A., 2010, "The accuracy and efficiency of a MATLAB-Simulink library for transient flow simulation of gas pipelines and networks", Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 70, Issues 3-4, Pages 256-265.
- [14] Kralik, J., Stiegler, P., Vostry, Z., Zavoroka, J., 1998, "Dynamic modeling of large scale networks with application to gas distribution", 1st ed., Inst. of Information Theory and Automation of the Czechoslovak Academy of Sciences Prague, Czechoslovakia, ELSEVIER Amsterdam-Axford.
- [15] Taylor, T. D., Wood, N. E., and Power, J. E., 1962, "A Computer Simulation of Gas Flow in Long Pipelines", Soc. Pet. Eng. J., Trans. AIME, 225, pp. 297-302.

ANNEX A

In this annex, the algebraic expressions of the parameters used in (17) and (19)-(28) are presented. α , β , γ and b which are used in (17) are stated as [14]

$$\alpha(s) = \alpha_1 + \alpha_2 s \quad (\text{A-1})$$

$$\beta(s) = \beta_1 s \quad (\text{A-2})$$

$$\gamma(s) = \gamma_1 + \gamma_2 s \quad (\text{A-3})$$

$$b(s) = \sqrt{\gamma^2 + 4\alpha\beta}/2 \quad (\text{A-4})$$

where

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= |u^*|fL^*, & \alpha_2 &= L/c, & \beta_1 &= L/c, \\ \gamma_1 &= \frac{fL^*}{2}u^*|u^*| - \frac{g\Delta h}{c^2}, & \gamma_2 &= 2u^*L/c \end{aligned} \quad (\text{A-5})$$

The other parameters which have been used in (19)-(28) are [13]

$$\hat{a}_1 = e^{\frac{\gamma_1}{2}} \left\{ \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_2 \left(1 - \frac{1}{6} \gamma_1 + \frac{1}{24} \gamma_1^2 - \frac{1}{240} \gamma_1^3 + \dots \right) - \frac{\gamma_2}{2} \right\} \quad (\text{A-6})$$

$$k_1 = e^{\gamma_1} \quad (\text{A-7})$$

$$a_1 = \hat{a}_1 - \frac{1}{2} \gamma_2 \quad (\text{A-8})$$

$$k_2 = e^{\frac{\gamma_1}{2}} \alpha_1 \left(1 + \frac{1}{24} \gamma_1^2 + \frac{1}{1920} \gamma_1^4 \right) \quad (\text{A-9})$$

$$b_1 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} + \frac{\left(\alpha_1 \beta_1 + \frac{1}{12} \gamma_1 \gamma_2 \right) \left(1 + \frac{1}{40} \gamma_1^2 \right)}{1 + \frac{1}{4} \gamma_1^2 + \frac{1}{320} \gamma_1^4} \quad (\text{A-10})$$

$$c_1 = e^{\frac{\gamma_1}{2}} \beta_1 \left(1 + \frac{1}{24} \gamma_1^2 + \frac{1}{1920} \gamma_1^4 \right) \quad (\text{A-11})$$

$$d_1 = \hat{a}_1 + \frac{1}{2} \gamma_2 \quad (\text{A-12})$$

مروری بر روش‌های شبیه‌سازی حفاظت کاتدی

مروری بر روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک

چکیده

حفاظت کاتدیک سازه‌های فلزی به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت جلوگیری از خوردگی آنها هم‌اکنون به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. طراحی سیستم حفاظت کاتدیک معمولاً بر اساس تجربه و استفاده از یک سری اطلاعات تجربی صورت می‌گیرد، با این حال روش‌های محاسباتی برای شبیه‌سازی فرآیند حفاظت کاتدیک تاکنون توسعه‌ی بسیاری یافته است. در این مقاله از بین روش‌های عددی موجود، دو روش المان‌مرزی (BEM) و روش مدار معادل که بیشترین کاربرد را در مدل‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک دارند، معرفی شده‌اند. همچنین دو نرم‌افزار تجاری BEASY و CATPRO که بر اساس کدهای مذبور نگارش شده همراه با قابلیت‌های آنها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با توجه به نوپا بودن این مسئله در کشور محدود فعالیت‌های انجام گرفته در کشور نیز معرفی شده است.

واژه‌های کلیدی: حفاظت کاتدیک، شبیه‌سازی، روش المان‌مرزی، روش مدار معادل، نرم‌افزار BEASY، نرم‌افزار CATPRO

۱- مقدمه

خوردگی گالوانیکی از مرسوم‌ترین انواع خوردگی سازه‌های فلزی می‌باشد. جهت حفاظت سازه از خوردگی گالوانیکی روش‌های متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند که از کاراترین آنها می‌توان به روش حفاظت کاتدیک اشاره نمود. روش‌های متداول در طراحی سیستم حفاظت کاتدیک بر پایه‌ی یک سری روابط و فرمول‌های تجربی بنا شده‌اند. به هر میزان که شرایط سازه و محیط پیچیده‌تر باشد، از کارایی این روش‌ها کاسته شده و نمی‌توان سیستم‌حفاظت کاتدیک مناسبی برای محافظت سازه طراحی نمود.

روش‌های عددی در دو دهی اخیر به‌عنوان ابزاری توانمند در تحلیل خوردگی و روش‌های حفاظت از آن معرفی شده‌اند. به کمک این روش‌ها توزیع جریان و پتانسیل روی تمامی سطح سازه قابل تعیین می‌باشد. از این رو علاوه بر تعیین پتانسیل لازم برای حفاظت سازه در مورد وجود پدیده‌ی پتانسیل اضافی^۱ روی سطح سازه نیز می‌توان نظر داد. از جمله این روش‌ها به روش اختلاف محدود^۲، المان محدود^۳ و روش المان‌های مرزی^۴ می‌توان اشاره نمود. در این بین، روش المان‌مرزی بدلیل عدم نیاز به تولید شبکه درون کل ناحیه، به عبارتی انجام گسسته‌سازی تنها روی سطوح سازه، از ارجحیت بالاتری نسبت به دو روش دیگر برخوردار است. علاوه بر این در مقایسه با سایر روش‌ها تعداد معادلات کمتر، ماتریس‌های کوچکتر و نیز توانایی حل مسائل با ناحیه‌ی محدود و نامحدود از دیگر قابلیت‌ها و مزایای روش المان‌مرزی می‌باشد. یکی دیگر از روش‌هایی که در تحلیل مسائل مربوط به سیستم‌های حفاظت کاتدیک مطرح می‌باشد، روش مدار معادل است. در این روش به کمک قانون اهم، دسته معادلاتی تشکیل می‌شود که به راحتی با حل معادلات مجهولات مسئله تعیین می‌شود. شایان ذکر است که در این روش افت پتانسیل تنها در طول سازه لحاظ شده و از افت محیطی صرف‌نظر می‌شود.

¹ Over protection

² Finite Difference

³ Finite Element

⁴ Boundary Element

۲- مدل سازی ریاضی

معادله حاکم بر مساله خوردگی الکتروشیمیایی را با توجه به قضیه انتقال یونی و اعمال قانون پیوستگی برای یک حجم مشخص در الکترولیت می توان تعیین نمود. در حال حاضر، چندین نظریه برای بحث در مورد انتقال جرم در الکترولیت ها وجود دارد. در این بین نظریه اصطلاحاً الکترولیت غلیظ نشده^۱ که بر اساس چند تقریب می باشد، معمولاً روش مناسبی برای برخورد با مسایل عملی را ارائه می کند ([۱-۲]). نظریه الکترولیت غلیظ نشده، یک دید کلی انتقال جرم را بر اساس سه نوع جابه جایی یونی در محلول ارائه می دهد. این سه نوع جابه جایی مشتمل بر موارد ذیل می باشند.

• جابه جایی یون ها که تحت تاثیر یک میدان الکتریکی (N_j^{mig})

• جابه جایی یون ها در اثر وجود اختلاف غلظت در الکترولیت (N_j^{diff})

• جریان یونی در الکترولیت ناشی از وجود حرکت در الکترولیت (N_j^{conv})

بنابراین کل جابه جایی یون j طبق رابطه زیر برابر با مجموع سه نوع جابه جایی بحث شده خواهد بود.

$$N_j = N_j^{mig} + N_j^{diff} + N_j^{conv} \quad (1)$$

بافرض ساکن بودن الکترولیت و نیز صرفنظر از مهاجرت یون ها در الکترولیت بدلیل اختلاف غلظت^۲، رابطه ی ذیل را برای جریان درون الکترولیت می توان لحاظ نمود [۳].

$$i = -k \nabla \phi \quad (2)$$

در رابطه فوق k ضریب هدایت الکتریکی الکترولیت می باشد. با استفاده از قانون بقا در الکترولیت ($\nabla \cdot i = 0$)، معادله حاکم درون الکترولیت با ضریب هدایت ثابت، بر حسب توزیع پتانسیل (ϕ) به صورت معادله ذیل حاصل می شود.

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (3)$$

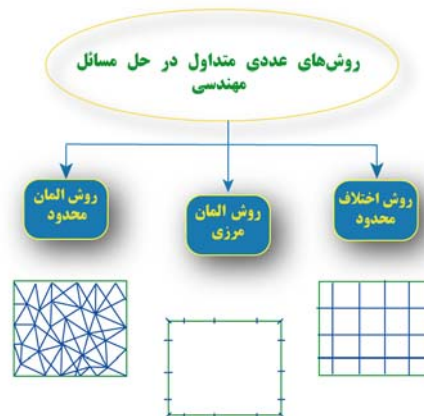
با توجه به معادله فوق، معادله حاکم در الکترولیت با ضریب هدایت ثابت، معادله لاپلاس می باشد.

۳- روش المان مرزی

یکی از جدیدترین روش های عددی در حل مسایل مهندسی، روش المان مرزی می باشد. شرح مبسوطی از توانایی ها و کاربردهای این روش در منابع مختلف ([۴-۷]) ارائه شده است. شکل ۱ بیانگر تفاوت عمده روش المان مرزی برای حل مسایل در مقایسه با روش های متداول عددی چون اختلاف محدود^۱ و المان محدود می باشد.

¹ Dilute approximation

^۲ اختلاف غلظت تنها در لایه ی نزدیک به لوله مشاهده می شود که اثرات آن در شرایط مرزی لحاظ می گردد.

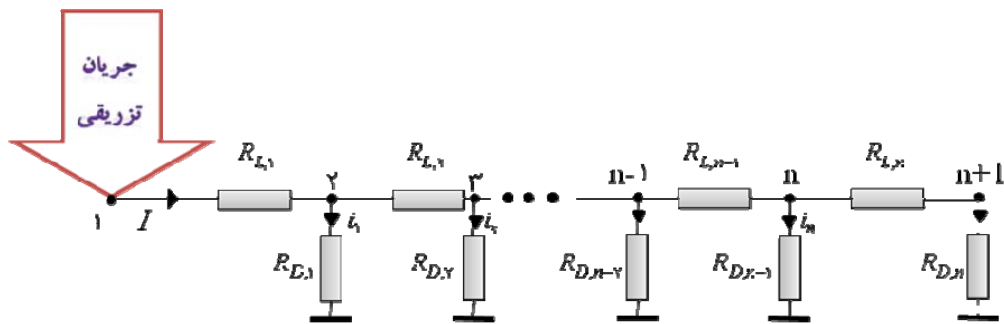


شکل ۱: نحوه شبکه‌بندی برای حل عددی در روش‌های مختلف حل

همانگونه که در شکل ۱ **Error! Reference source not found.** مشاهده می‌گردد، روش المان مرزی برای حل نیازی به شبکه‌بندی کل ناحیه محاسباتی نداشته و تنها با شبکه‌بندی روی مرز قادر است مساله را در تمامی ناحیه محاسباتی حل نماید. با توجه به عدم نیاز این روش به تولید شبکه در کل ناحیه محاسباتی، روش المان مرزی قابلیت فوق‌العاده‌ای را در حل مسایل با هندسه پیچیده داشته که این مورد از برتری‌های روش المان مرزی نسبت به سایر روش‌ها محسوب می‌شود. برای حل مسایل به روش المان مرزی، ابتدا می‌بایست معادله دیفرانسیلی حاکم بر مساله به فرم انتگرالی تبدیل شود. پس از تبدیل فرم دیفرانسیلی معادله به فرم انتگرالی، معادله حاصل شامل بر چند عبارت انتگرالی روی حجم (کل ناحیه محاسباتی) می‌شود. سپس با استفاده از قضیه گرین می‌توان تمامی عبارت‌های انتگرالی روی کل ناحیه را به عبارت‌های انتگرالی روی مرز تبدیل نمود. سپس با شبکه‌بندی مرز مساله و انتگرال‌گیری روی هر یک از المان‌های مرزی مجهولات مساله بدست می‌آیند [۳].

۴- روش مدار معادل

یکی دیگر از روش‌های دیگر در مدل سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک استفاده از روش مدار معادل می‌باشد. در این روش لوله به عنوان یک هادی جریان می‌باشد که در مقاطع مختلف جریان از آن خارج می‌شود. طول لوله به چندین قسمت دلخواه (L_i) تقسیم می‌شود. این قسمت‌ها به صورت یک سری مقاومت سری در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. بین هر قسمت از لوله شارژ خروجی جریان وجود دارد که ناشی از عدم وجود روکش، خرابی آن و یا عدم مقاومت کافی آن در خروج جریان می‌باشد. مقاومت‌های موجود بر سر این جریان مشتمل بر مقاومت روکش، مقاومت پلاریزاسیون و مقاومت خاک می‌باشد. شماتیک نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.



الکترولیت

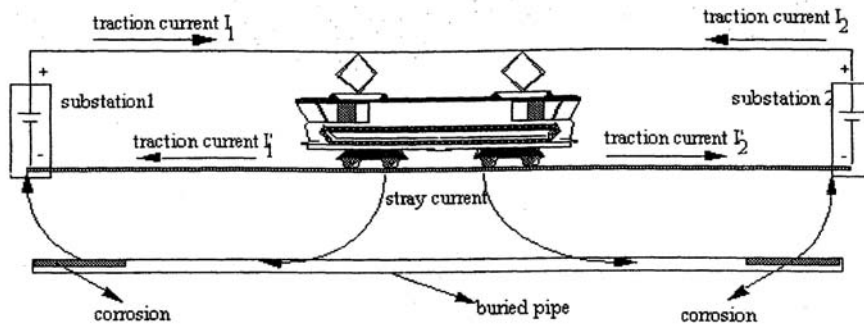
شکل ۲: نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌ها در طول لوله و در اتصال آن به الکترولیت

با بازنویسی قانون اهم و رابطه‌ی افت ولتاژ بین نقطه‌ی تزریق و دیگر گره‌ها می‌توان مجهولات مسئله را تعیین نمود.

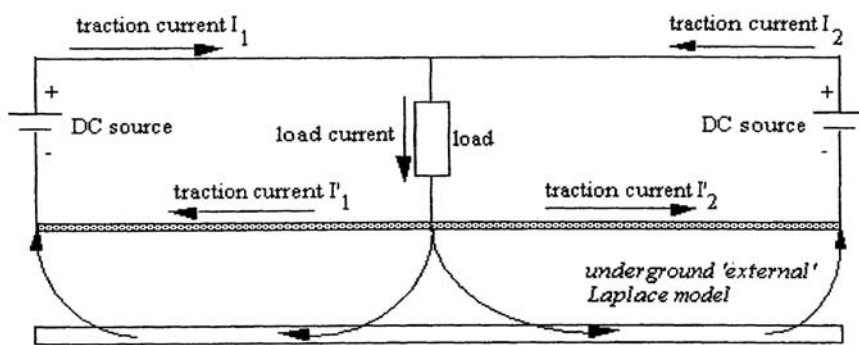
۵- مدل‌سازی جریان‌های سرگردان

کلید جریان‌های ناخواسته‌ای که از سایر منابع با جریان‌های سیستم حفاظت کاتدیک یک سازه تحت حفاظت تداخل کرده و به سیستم مورد نظر وارد یا از آن خارج می‌شوند بعنوان جریان‌های سرگردان قلمداد می‌شوند. با توجه به منابع متعددی که منجر به تولید این جریان‌ها می‌شوند، این موارد از جمله مواردی هستند که شبیه‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک را پیچیده می‌سازند. جریان‌های سرگردان از یک دیدگاه به دو دسته جریان‌های سرگردان متناوب، AC، و جریان‌های سرگردان مستقیم، DC، تقسیم‌بندی می‌شوند. جریان‌های سرگردان متناوب با یک فرکانس مشخص همواره در حال تغییر جهت است در صورتیکه جریان مستقیم همواره در یک جهت در حال جریان می‌باشد. جریان‌های سرگردان از دیدگاهی دیگر به دو دسته جریان‌های سرگردان استاتیکی و دینامیک تقسیم‌بندی می‌شوند.

جریان‌های استاتیکی آن دسته از جریان‌های سرگردان می‌باشند که ماهیتی استاتیکی و ساکن دارند که از جمله آنها می‌توان به وجود سازه‌های دیگری که تحت حفاظت هستند، سیستم‌های ارت، و مواردی از این قبیل نام برد. جریان‌های دینامیک جریان‌هایی هستند که منبع تولید آنها حالتی غیرساکن دارد که از مهمترین آنها می‌توان به سیستم‌های قطار شهری اشاره نمود. شکل ۳ بصورت کیفی چگونگی مدل‌سازی جریان‌های سرگردان ناشی از یک سیستم قطار شهری را نمایش می‌دهد.



Traditional stray current situation for a railway.



Equivalent electrical network used in the software.

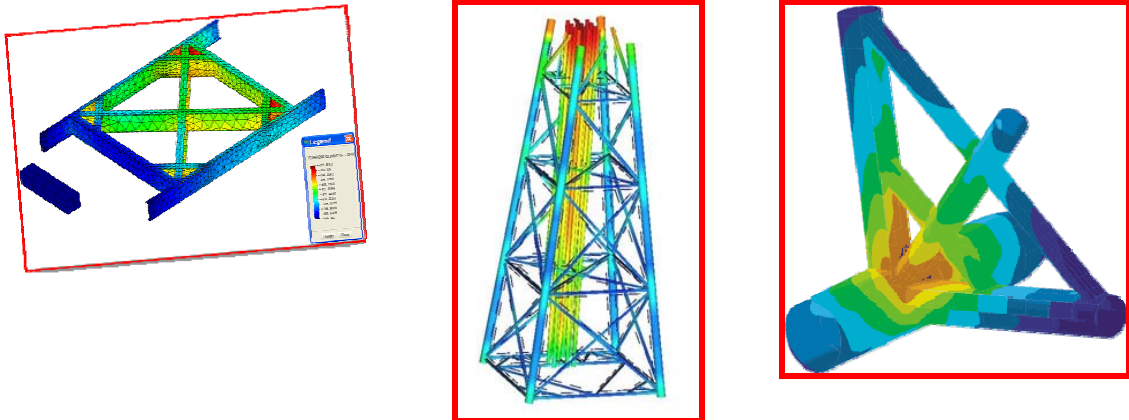
شکل ۳: چگونگی مدل‌سازی جریان‌های سرگردان ناشی از یک سیستم قطار شهری

۶- نرم‌افزارهای موجود

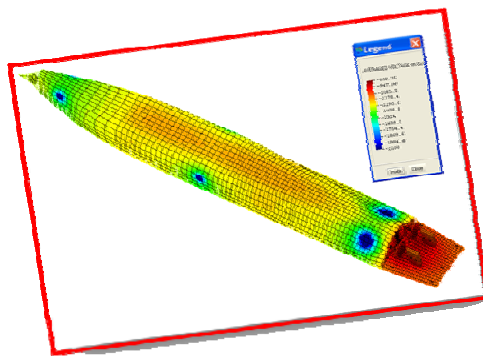
در ارتباط با نرم‌افزارهای موجود در زمینه شبیه‌سازی عددی سیستم‌های حفاظت کاتدیک می‌توان به دو نرم‌افزار معروف BEASY و CatPro اشاره نمود. در ادامه قابلیت‌های هرکدام از این نرم‌افزارها بطور مختصر تشریح می‌شود.

نرم‌افزار BEASY

این نرم‌افزار در واقع یک مجموعه نرم‌افزاری برپایه روش المان مرزی است که در بسیاری از مسائل مهندسی نظیر تحلیل‌های آیرودینامیکی، انتقال حرارت، تحلیل تنش، مدلسازی ترک و مباحث مربوط به مکانیک شکست و ... قابل کاربرد است. از جمله ماژول‌های این نرم‌افزار ماژول حفاظت کاتدیک می‌باشد. ماژول حفاظت کاتدیک این نرم‌افزار نیز برای طیف وسیعی از کاربردها تدوین شده‌است که از جمله آنها می‌توان به شبیه‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک انواع کشتی‌ها، اسکله‌های دریایی، تانک‌های ذخیره و لوله‌های مرتبط با آنها اشاره نمود. نمونه‌هایی از سیستم‌های شبیه‌سازی شده توسط این نرم‌افزار را می‌توان در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده نمود.



شکل ۴: نتایج نرم افزار Beasy برای سازه های فلزی



شکل ۵: نتایج نرم افزار Beasy برای یک کشتی

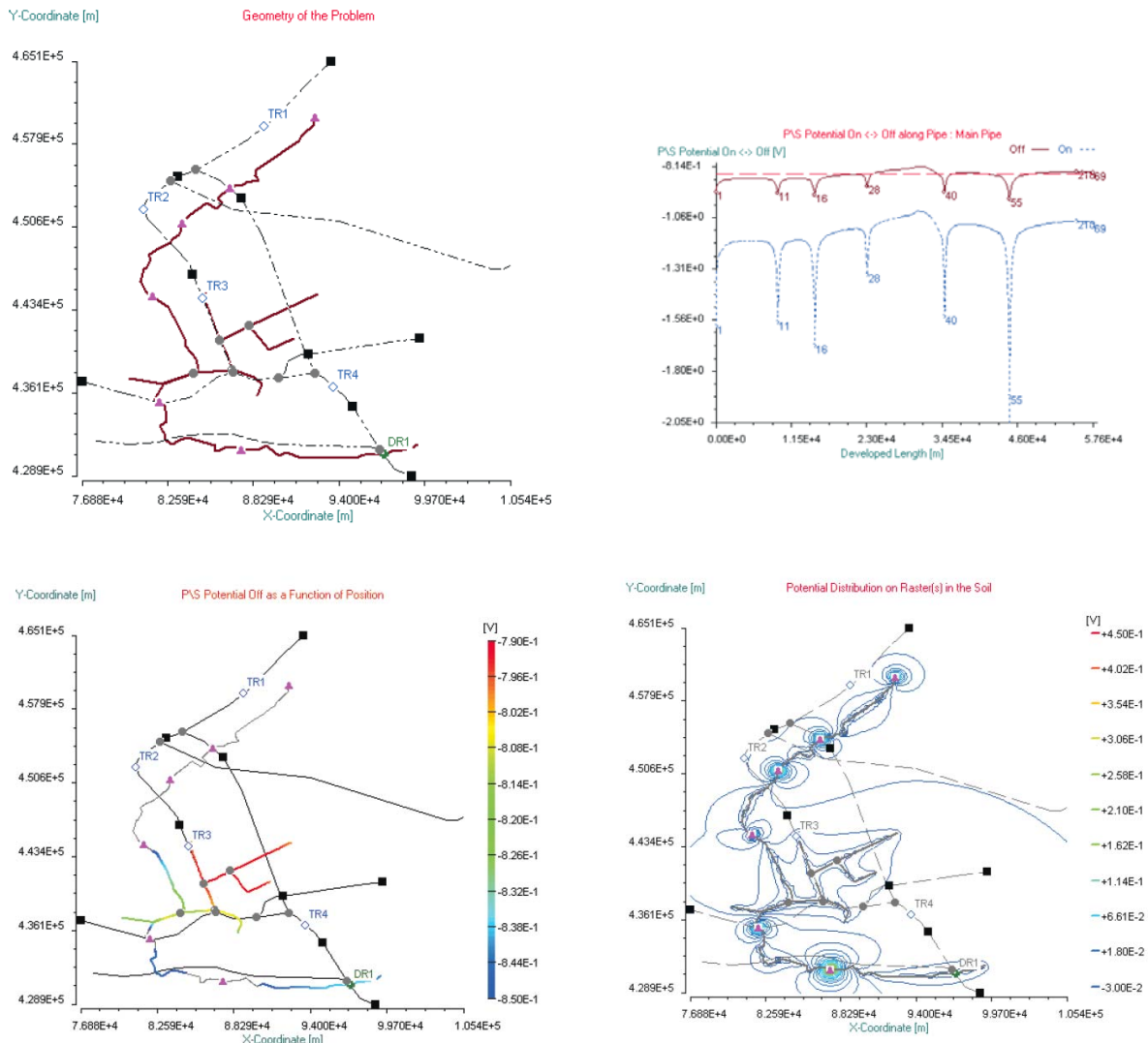
در ارتباط با شبیه سازی سیستم حفاظت کاتدیک لوله های مدفون در خاک توسط نرم افزار مزبور می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- قابلیت مدلسازی اثر تغییرات خاک مناطق مختلف با استفاده از محدوده بندی میدان
- قابلیت مدلسازی همزمان خطوط لوله متصل به مخازن
- استفاده از منحنی های غیرخطی پولاریزاسیون
- قابلیت محاسبه افت پتانسیل بواسطه جریان الکتریکی درون لوله
- قابلیت مدلسازی آندهای فداشونده و سیستم های جریان اعمالی
- قابلیت مدلسازی اثرات تداخلی و جریان های سرگردان

نرم افزار CatPro

این نرم افزار بدلیل اینکه ویژه خطوط لوله تهیه شده است برای شبیه سازی سیستم حفاظت کاتدیک لوله های مدفون بسیار مناسب تر می باشد. این نرم افزار نیز برپایه روش المان مرزی نوشته شده است. نرم افزار مزبور به منظور مدلسازی سیستم حفاظت کاتدیک لوله ها از المان های لوله استفاده می کند به این معنی که از توزیع پتانسیل پیرامون لوله صرف نظر کرده و فقط توزیع پتانسیل در

راستای طولی خط لوله را در نظر می‌گیرد. این فرض تقریباً در کلیه کاربردهای شبیه‌سازی سیستم‌های حفاظت کاتدیک خطوط لوله فرض مناسبی بوده و بدین ترتیب با کاهش قابل ملاحظه حجم محاسبات می‌توان شبکه‌های گسترده‌تر را با سرعت محاسباتی بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. نمونه‌هایی از سیستم‌های شبیه‌سازی شده توسط این نرم‌افزار را می‌توان در شکل‌های ذیل مشاهده نمود.



شکل ۶: نمونه‌هایی از سیستم‌های شبیه‌سازی شده توسط Catpro

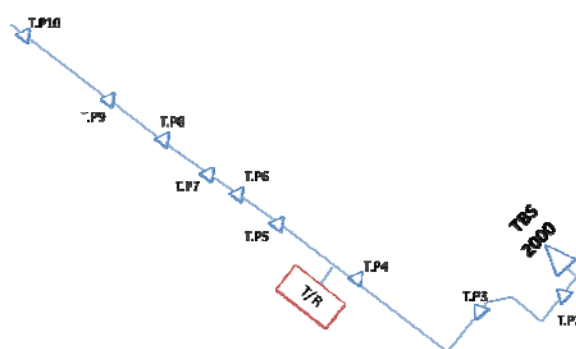
از جمله قابلیت‌های این نرم‌افزار به موارد زیر توسط کمپانی مربوطه اشاره شده‌است:

- قابلیت مدل‌سازی شبکه سه بعدی توسط المان‌های لوله
- قابلیت مدل‌سازی سیستم‌های با آند فدا شونده و جریان اعمالی
- قابلیت مدل‌سازی جریان‌های سرگردان ناشی از سیستم‌های قطار شهری
- قابلیت مدل‌سازی تداخل‌های آندیک، کاتدیک و ترکیبی

- قابلیت محاسبه افت پتانسیل ناشی از جریان درون لوله
- قابلیت محاسبه پتانسیل‌های on و off لوله نسبت به خاک

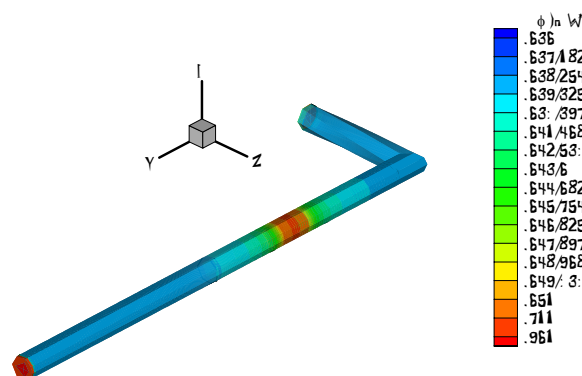
۷- فعالیت‌های انجام شده در کشور

طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدیک قدمتی دیرینه در کشور دارد. با این وجود با توجه به توسعه و رشد روز افزون روش‌های مدل‌سازی عددی، بحث مدل‌سازی عددی سیستم‌های حفاظت کاتدیک موضوعی جدید و نوپا در کشور می‌باشد. با بررسی انجام گرفته یکی از مطرح‌ترین فعالیت‌های علمی انجام گرفته در این زمینه طرح تحقیقاتی می‌باشد که با عنوان "شبیه‌سازی عددی حفاظت کاتدیک لوله‌های گاز طبیعی" تحت نظارت شرکت گاز استان خوزستان انجام گرفته است. در طرح مذکور پس از بررسی پیشینه‌ی شبیه‌سازی عددی سیستم‌های حفاظت کاتدیک، کلیات مفاهیم مربوط به خوردگی الکتروشیمیایی استخراج شده و با تبیین روش المان مرزی، شبیه‌سازی سیستم حفاظت کاتدیک خطوط لوله انجام گرفته است. نتایج مدل‌سازی دوبعدی با منابع موجود چک شده و پس از اطمینان از صحت کد و تعمیم به حالت سه‌بعدی یک نمونه واقعی استفاده شده در شهرستان اهواز مدل شده است. شماتیکی از خط لوله مدل شده در شکل ۶ ارائه شده است.



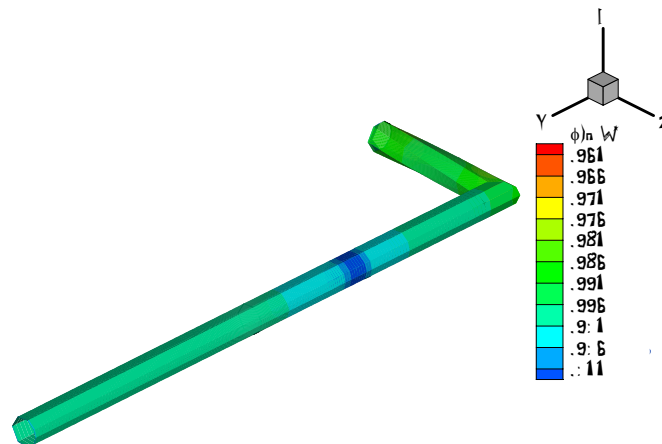
شکل ۶: شماتیک خط لوله بلوار قدس شهرستان اهواز

کل خط لوله طولی نزدیک به ۵ کیلومتر دارد. توزیع پتانسیل بر روی خط با فرض عدم وجود روکش روی لوله در شکل ۷ ارائه شده است.



شکل ۷: توزیع پتانسیل روی خط با فرض عدم روکش

علاوه بر حالت فوق، مسئله با احتساب وجود عایق بر لوله همراه با ۱۰ درصد خرابی مجدداً مدل شده و نتایج آن در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۸: توزیع پتانسیل روی خط با فرض وجود روکش با ۱۰ درصد خرابی

شایان ذکر است با انجام طرح تحقیقاتی مذکور، یک پایان نامه کارشناسی ارشد ([۳]) و چندین مقاله علمی نیز ([۱۰-۸]) تهیه و در کنفرانس‌های داخلی و بین‌المللی ارائه شده است.

۸- مراجع

- [1] D. L. Piron, *The electrochemistry of corrosion*, 1st Edition, NACE press, Houston, 1990.
- [2] D. P. Riemer, *Modeling Cathodic Protection For Pipeline Networks*, PhD Thesis, University of Florida, 2000.
- [۳] چنگیزیان، م.، "تحلیل عددی حفاظت کاتدیک خطوط لوله گاز طبیعی به روش المان مرزی"، رساله جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، شهریور ۱۳۸۶.
- [4] P. A. Ramachandran, *Boundary Element Methods in Transport Phenomena*, 1st Edition, Computational Mechanics Publications Co-published with Elsevier Applied Science, New York, 1994.
- [5] J. Trevelyan, *Boundary Elements for Engineering Theory and Application*, 1st Edition, Computational Mechanics Publications, Massachusetts, 1995.
- [6] P. K. Banerjee and R. Butterfield, *Boundary Element Methods in Engineering Science*, 1st Edition, McGRAW-HILL, UK, 1994.
- [7] S. Mukherjee and Y. X. Mukherjee, *Boundary Methods Elements, Contours and Nodes*, 1st Edition, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, 2005.
- [۸] بهبهانی‌نژاد، م.، چنگیزیان، م. و سببی، م.، "حفاظت کاتدیک لوله‌های گاز طبیعی با استفاده از روش المان مرزی"، کنفرانس بین‌المللی لوله و صنایع وابسته، تهران، دوره یک، ۱۳۸۶.
- [۹] بهبهانی‌نژاد، م.، چنگیزیان، م. و سببی، م.، "شبیه‌سازی عددی سیستم حفاظت کاتدیک و بررسی پارامترهای موثر در توزیع پتانسیل روی کاتد به روش المان مرزی"، همایش مهندسی مواد و متالورژی ایران، نجف‌آباد، دوره هفت، ۱۳۸۶.
- [۱۰] بهبهانی‌نژاد، م. و چنگیزیان، م.، "شبیه‌سازی سه‌بعدی سیستم حفاظت کاتدیک لوله‌های گاز مدفون در خاک به روش المان مرزی"، همایش بین‌المللی گاز، تهران، دوره دو، ۱۳۸۷.

تعریف طرح‌های پایان‌نامه‌ای در مقطع

کارشناسی ارشد

بسمه تعالی



شرکت ملی گاز ایران
مدیریت پژوهش و فناوری
واحد ارتباطات دانشگاهی و آموزشهای تکمیلی

فرم درخواست حمایت از پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری

الف) کلیات پروژه:

۱- عنوان پروژه به زبان فارسی :

شبیه‌سازی عددی جریان گاز طبیعی درون رگولاتور و لوله رابط یک ایستگاه تقلیل فشار گاز شهری

۲- عنوان پروژه به زبان انگلیسی:

Numerical Simulation of Natural Gas Flow in the Regulator and Connecting Pipe of a CGS

۳- نوع پروژه : بنیادی کاربردی توسعه ای خدماتی

۴- مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد

۵- زمان اجرای پروژه (ماه) : ۱۲ ماه

۶- خلاصه پروژه :

حل عددی جریان گاز درون رگولاتور و لوله رابط در یک ایستگاه کابینتی جهت تعیین میزان اغتشاشات حاصله و بدست آوردن حداقل طول مناسب لوله رابط انجام می‌شود. این حل با تولید هندسه آغاز و سپس با ایجاد شبکه محاسباتی مناسب ادامه می‌یابد. در انتها حل عددی بر روی شبکه تولید شده انجام می‌گیرد. این حداقل طول در صورت لزوم بوسیله قرار دادن پرهایی برای از بین بردن سریعتر اغتشاشات و حل عددی دوباره جریان، کوتاه‌تر می‌شود. در نهایت با استفاده از نتایج بدست‌آمده در این پروژه می‌توان حداقل طول لوله رابط و مشخصات پره‌های احتمالی را به منظور کارکرد مناسب کنتور تعیین نمود.

(ب) مشخصات استاد راهنما و همکاران اصلی پروژه :

۱- نام و نام خانوادگی استاد راهنما : مرتضی بهبهانی نژاد

مدربک تحصیلی: دکترای مکانیک مرتبه علمی: استادیار

دانشگاه محل خدمت: شهید چمران اهواز

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز- دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۷۸۱۹۷۳ پست الکترونیکی: bnmorteza@scu.ac.ir

مدارج تحصیلی و تخصصی (کارشناسی و بالاتر)

درجه تحصیلی / تخصصی	رشته تحصیلی / تخصصی	نام مؤسسه محل تحصیل	کشور محل تحصیل	سال دریافت
کارشناسی	مهندسی مکانیک	دانشگاه صنعتی شریف	ایران	
کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	
دکترای تخصصی	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	

۲- نام و نام خانوادگی استاد مشاور: امین رضا نقره آبادی

مدربک تحصیلی: دکترای مکانیک مرتبه علمی و سمت: استادیار - عضو هیئت علمی

سازمان محل خدمت: دانشگاه شهید چمران اهواز نوع استخدام:

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز- دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۶۳۱۲۸۸۴۱ پست الکترونیکی: a_noghrea@yahoo.com

۳- نام و نام خانوادگی دانشجو: سید علی انجوی امیری

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته تحصیلی: مهندسی مکانیک

سال ورود: ۱۳۸۷ دانشگاه: شهید چمران اهواز

۱- تشریح پروژه و هدف از انجام آن:

یکی از مباحث مطرح در صنعت گاز، کوچک کردن فضای اشغال شده توسط ایستگاه‌های تقلیل فشار و فشرده کردن آنها است. در این ایستگاه‌ها گاز پس از عبور از رگولاتور و گذشتن از یک لوله رابط، وارد دبی‌سنج توربینی می‌شود. این دبی‌سنج‌ها حساسیت زیادی نسبت به آشفتگی‌های جریان ورودی دارند که معمولاً توسط رگولاتورها تولید می‌شود. با توجه به اینکه گاز قبل از رگولاتور در طول بسیار زیاد خط لوله کاملاً یکنواخت شده است، با گذشتن از رگولاتور دچار اغتشاش می‌گردد. در نتیجه برای جلوگیری از اثر نامطلوب این آشفتگی‌ها در ایستگاه‌های مسطح طول لوله رابط حداقل ۱۰ برابر قطر آن قرار داده می‌شود تا اغتشاشات از بین رفته و دقت دبی‌سنج تحت تاثیر قرار نگیرد. اما در ایستگاه‌های فشرده فضای کافی برای چنین طولی وجود ندارد. لذا باید حداقل طول لازم برای این لوله را بدست آورد و یا در صورت لزوم از پره‌هایی برای از بین بردن سریع‌تر اغتشاشات و کوتاه‌تر کردن طول لوله استفاده کرد. در این تحقیق هدف تعیین این حداقل طول به کمک مدلسازی عددی جریان درون رگولاتور و لوله رابط آن است؛ و اینکه چگونه در صورت لزوم از پره‌ها برای از بین بردن آشفتگی استفاده شود. این حل عددی در نرم افزارهای Gambit و Fluent انجام می‌گیرد. به این صورت که ابتدا در نرم افزار Gambit هندسه سه بعدی پیچیده مسئله شامل مجاری درونی رگولاتور و لوله رابط آن تولید می‌شود. سپس در همین نرم افزار شبکه مناسب برای این مدل عددی به وجود می‌آید که شبکه‌ای بسیار بزرگ خواهد بود. با انتقال این مدل و شبکه به نرم افزار Fluent و تعیین مدل حل و ملزومات مورد نیاز این مدل حل می‌گردد. سپس در صورت نیاز با اضافه کردن پره به هندسه مسئله حل مدل تکرار می‌شود تا نتایج مطلوب حاصل گردد. با توجه به اینکه هندسه مدل پیچیده بوده و نیاز به شبکه محاسباتی گسترده‌ای پیش‌بینی می‌شود، حجم محاسبات بسیار زیاد بوده که این امر نیاز به یک سیستم پردازش موازی را ایجاب خواهد کرد. بنابراین لازم است هزینه‌های سخت‌افزاری این سیستم پردازش موازی بعنوان هزینه‌های سرمایه‌ای تامین شود.

۲- سابقه انجام پروژه های مشابه در ایران یا خارج از کشور با ذکر مأخذ: (در صورت لزوم پیوست شود.)

علی‌رغم آنکه شرکت‌های سازنده دبی‌سنج توربینی استانداردهایی را برای میزان آشفتگی ورودی و ضریب تصحیح دبی اعلام شده از دستگاه ارائه نموده‌اند، اما مطلبی در ارتباط با مدلسازی عددی برای یافتن طول مناسب قبل از دستگاه در منابع معتبر علمی یافت نشد. مقالاتی مربوط مدلسازی رگولاتور موجود است که به بررسی پایداری و خصوصیات دینامیکی رفتار گاز پرداخته‌اند. مقالاتی نیز به صورت کارهای آزمایشگاهی و مقالاتی به صورت مدلسازی عددی در مورد خود دبی‌سنج به تنهایی ارائه شده است که به بررسی دقت دستگاه در انواع اغتشاشات پرداخته‌اند. همچنین مقالاتی نیز به بررسی اثر اغتشاش ناشی از رگولاتور بر روی دقت دبی‌سنج پرداخته‌اند. برخی منابع در ارتباط با این موضوع به شرح زیر می‌باشند.

[2] L.M.C. Gato , J.C.C. Henriques, “Dynamic behaviour of high-pressure natural-gas flow in pipelines”, *International Journal of Heat and Fluid Flow* 26 (2005) 817–825

[3] M. McKay, “Effect of turbulence in measuring, regulating stations”, *Pipe Line Industry Houston, Tex. Volume 69, Issue 6, December 1988, Pages 23-24*

[4] E. G. Rami , B. Jean-Jacques , G. Pascal , M. Francois, “Stability study and modeling of a pressure regulating station”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 82 (2005) 51–60.

[5] L.M. Lo´pez-Gonza´lez , J.M. Sala , J.A. Gonza´lez-Bustamante , J.L. Mi´guez, “Modeling and simulation of the dynamic performance of a natural-gas turbine flowmeter”, *Applied Energy* 83 (2006) 1222–1234

۳- تشریح نوآوری پروژه و کاربرد آن در صنعت گاز:

با توجه به اینکه صنعت توزیع گاز در ایران به سمت استفاده از ایستگاه‌های کابینتی پیش می‌رود، لازم است مشکلات مربوط به دقت اندازه‌گیری کنتورهای توربینی در این ایستگاه‌ها مرتفع گردد. از این دیدگاه برای اولین بار در ایران حل عددی جریان گاز درون هندسه سه‌بعدی و پیچیده رگولاتور و لوله رابط جهت تعیین حداقل طول مناسب انجام می‌شود.

۴- مراحل اجرای پروژه :

۴-۱- بررسی کارهای انجام شده در این زمینه

۴-۲- مدلسازی هندسه رگولاتور و لوله رابط در نرم‌افزار Gambit

۴-۳- تولید شبکه مناسب برای حل عددی

۴-۴- پیاده‌سازی مدل حل عددی در نرم‌افزار Fluent و حل آن توسط سیستم‌های پردازش موازی

۴-۵- اضافه کردن پره در صورت لزوم و تکرار حل تا رسیدن به جواب موردنظر

۴-۶- تهیه گزارش و تدوین مقالات و پایان‌نامه

-۵

	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۱-۴													
۲-۴													
۳-۴													
۴-۴													
۵-۴													
۶-۴													

زمانبندی پروژه :

تبصره: حداکثر زمان اجرا برای پروژه های کارشناسی ارشد ۱۲ ماه و برای پروژه های دکتری ۳۶ ماه می باشد.

۳-۶ هزینه دستگاهها، وسایل و مواد مورد نیاز که باید خریداری شوند:

ردیف	نام دستگاه، وسیله یا مواد	مصرفی	سرمایه ای	تعداد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل
۱	سیستم پردازش موازی		X	۱	توسط کارفرما	توسط کارفرما
۲	تونر (جهت پرینتر)	X		۱	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۳	ایاب و ذهاب	X		-	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۴	تهیه مقالات و مدارک فنی	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۵	تدوین پایان نامه، صحافی و ...	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۶	شرکت در کنفرانس(ها) و ارائه مقاله	X		-	۲/۰۰۰/۰۰۰	۲/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل هزینه ها (ریال)						۵/۰۰۰/۰۰۰

تبصره: ۱- تعدیل هزینه های فوق با تشخیص واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی ، انجام خواهد شد.

تبصره: ۲- سقف حمایت از پروژه های کارشناسی ارشد ۳۰ میلیون ریال و برای دکتری ۵۰ میلیون ریال می باشد.

۷- چاپ و ارائه مقاله در مجلات معتبر داخلی یا بین المللی بر اساس نتایج حاصل از این پروژه الزامی است .

تبصره: ۱- برای پروژه های کارشناسی ارشد یک مقاله و دکتری دو مقاله الزامی می باشد .

تبصره ۲: لازم است نام شرکت ملی گاز ایران بعنوان سازمان حمایت کننده در مقالات ذکر شود.

۸- پروژه کارشناسی ارشد یا دکتری باید به تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی (یا دانشکده) رسیده باشد.

تبصره ۱: ارائه تأییدیه پروژه توسط تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی یا دانشکده ضروری است.

تبصره ۲: در ابتدای پایان نامه لازم است عبارت "این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده است"، درج شود.

۹- مرجع تصمیم گیری در خصوص مفاد این پرسشنامه واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی مدیریت پژوهش و فناوری خواهد بود.

اینجانب بعنوان استاد راهنما ضمن تأیید مفاد این پرسشنامه متعهد می گردد که این پروژه با مشخصات موجود در هیچ دستگاه دیگری مطرح نگردیده و در آینده نیز بدون اطلاع شرکت ملی گاز طرف قرارداد قرار نخواهد گرفت.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: تاریخ: ۸۸/۳/۳۰ امضاء:

بسمه تعالی



شرکت ملی گاز ایران
مدیریت پژوهش و فناوری
واحد ارتباطات دانشگاهی و آموزشهای تکمیلی

فرم درخواست حمایت از پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری

الف) کلیات پروژه:

۱- عنوان پروژه به زبان فارسی :

شبیه سازی جریان غیردائم درون شبکه های توزیع گاز طبیعی در فضای حالت

۲- عنوان پروژه به زبان انگلیسی:

Numerical Simulation of Transient Flow in Natural Gas Distribution Networks in State Space

۳- نوع پروژه : بنیادی کاربردی توسعه ای خدماتی

۴- مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد

۵- زمان اجرای پروژه (ماه) : ۱۲ ماه

۶- خلاصه پروژه :

امروزه اهمیت تحلیل جریان گذرا درون شبکه های گازرسانی بدلیل گسترش روزافزون آنها بر هیچکس پوشیده نیست. در این راستا فعالیت های بسیاری در سطح دنیا انجام شده است و در ایران نیز اخیرا فعالیت های علمی در این زمینه بطور جدی آغاز شده است. تحلیل جریان گذرا درون خطوط لوله و شبکه با استفاده از مفهوم توابع تبدیل در شرکت گاز استان خوزستان با حمایت از یک پروژه کارشناسی ارشد انجام شده است. هدف از این پروژه، توسعه فعالیت قبلی به منظور تحلیل شبکه های پیچیده تر و واقعی می باشد. استفاده از توابع تبدیل و معکوس آنها ضمن برخورداری از مزایای دقت و سرعت محاسباتی، برای تحلیل شبکه های گسترده و واقعی دارای مشکلات خاص خود می باشد. در این پروژه با بردن معادلات به فضای حالت است سعی بر این خواهد بود که ضمن حفظ مزایای استفاده از توابع تبدیل، مشکلات موجود را با استفاده از ویژگی های فضای حالت مرتفع نمود.

ب) مشخصات استاد راهنما و همکاران اصلی پروژه :

۱- نام و نام خانوادگی استاد راهنما : مرتضی بهبهانی نژاد

مدربک تحصیلی: دکترای مکانیک

مرتبه علمی: استادیار

دانشگاه محل خدمت: شهید چمران اهواز

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز- دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۲۳۷۸۱۹۷۳ پست الکترونیکی: bnmorteza@scu.ac.ir

مدارج تحصیلی و تخصصی (کارشناسی و بالاتر)

درجه تحصیلی / تخصصی	رشته تحصیلی / تخصصی	نام مؤسسه محل تحصیل	کشور محل تحصیل	سال دریافت
کارشناسی	مهندسی مکانیک	دانشگاه صنعتی شریف	ایران	
کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	
دکترای تخصصی	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	

۲- نام و نام خانوادگی استاد مشاور: افشین قنبرزاده

مدربک تحصیلی: دکترای مکانیک

مرتبه علمی و سمت: استادیار - عضو هیئت علمی

سازمان محل خدمت: دانشگاه شهید چمران اهواز

نوع استخدام: رسمی

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز- دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۶۶۴۵۳۴۹۰ پست الکترونیکی: ghanbarz@yahoo.com

۳- نام و نام خانوادگی دانشجو: رضوان عالمیان

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

رشته تحصیلی: مهندسی مکانیک

سال ورود: ۱۳۸۷

دانشگاه: شهید چمران اهواز

آدرس: اهواز - بلوار گلستان - خیابان مهر (بین دی و آذر) - ساختمان کیمیا - واحد ۷

تلفن تماس: ۰۹۱۲۲۹۰۵۶۲۳ پست الکترونیکی: rezvanalamian@yahoo.com

ج) اطلاعات تفصیلی پروژه :

۱- تشریح پروژه و هدف از انجام آن:

این پروژه در ادامه پروژه تحقیقاتی قبلی که توسط آقای علی باقری انجام شد، تعریف شده است. در پروژه قبل بررسی الگوریتم های مختلف عددی جریان غیر دائم درون شبکه های گاز شهری و تحلیل دینامیکی یک شبکه نمونه با استفاده از توابع تبدیل صورت پذیرفت. این روش ضمن برخورداری از مزایای سرعت و دقت محاسباتی دارای معایبی نیز می باشد که از جمله آن می توان به عدم توانایی تحلیل شبکه های گسترده و پیچیده اشاره کرد. در این پروژه هدف این است که با استفاده از فضای حالت و تحلیل عددی سیستم معادلات به دست آمده در این فضا تا حدود بسیار زیادی این مشکل را مرتفع نمود. بنابراین در این پروژه از حوزه لاپلاس و بردن آن به فضای حالت برای تحلیل جریان غیردائم گاز درون یک لوله یا بخشی از یک لوله می باشد، استفاده می شود. در نهایت با استفاده از مرتبط ساختن لوله ها و اعمال شرایط مرزی و قیود مربوط به گره ها یا حلقه ها، تحلیل یک شبکه نمونه با استفاده از فضای حالت مد نظر قرار خواهد گرفت.

بدیهی است که با دانستن، مدل کردن و شبیه سازی چنین رفتاری از گاز در شبکه، طراحی، بهینه سازی و حتی برآوردهای مربوط به هزینه های تعمیر، نگهداری و بهره برداری از شبکه راحت تر خواهد شد و از این رو این امکان ایجاد می شود که در لحظاتی مثل افت فشار شبکه (در اثر ازدیاد و لحظه اوج مصرف) و یا افزایش آن (در موارد کاهش مصرف) و یا هر زمان دیگری که رفتار غیر حالت دائم و نوسانی از جریان گاز طبیعی در شبکه رخ می دهد، رفتار غیردائم جریان گاز را پیش بینی و اطلاعات لازم را برای طراحی سیستم کنترل مناسب، مهیا نمود.

۲- سابقه انجام پروژه های مشابه در ایران یا خارج از کشور با ذکر مأخذ: (در صورت لزوم پیوست شود).

بر اساس اطلاعات موجود در این زمینه، حل عددی جریان غیردائم درون شبکه های توزیع گاز طبیعی در فضای حالت در هیچ منبع علمی معتبری ارائه نشده است. تحلیل عددی این پدیده در کشورهای پیشرفته از سال ۱۹۷۱ به بعد با روش های عددی دیگری آغاز شده است. در دسامبر ۱۹۷۱، گروهی به سرپرستی دکتر وایلی، روش اختلاف محدود مرکزی ضمنی را برای حل شبکه توزیع گاز طبیعی (واقعی)، ارائه کرده و نتایج روش خود را با روش مشخصه ها مقایسه کردند [۱]. لونگو با استفاده از روش کرنک-نیکلسون، حل جریان غیردائم و همدمای گاز طبیعی (با فرض واقعی بودن گاز) را در یک شبکه پیش رو گرفته و نسبت به سایرین، در زمان انجام محاسبات ۲۵٪ صرفه جویی نسبی کرد [۲]. کیوشی روش اختلاف محدود کاملاً ضمنی برای حل جریان تراکم پذیر غیردائم و همدمای گاز واقعی درون یک شبکه توزیع بیان کرده و نتایج حاصل را، با آنالیز پایداری وان-نیومن مقایسه نمود [۳] ژو و آدومی یک روش تفاضل محدود TVD برای حل معادلات دیفرانسیل جریان یک بعدی غیردائم گاز طبیعی در یک لوله افقی و بدون صرف نظر کردن از عبارت خاصی در معادله مومنتم ارائه کردند [۴]. اخیراً شبیه سازی و تقریب فضایی جریان گذرا در شبکه های خط لوله گاز با استفاده از مدل تابع تبدیل توسط ردی و همکاران انجام شده است [۵]. این محققین به نتایج نسبتاً خوبی با استفاده از تابع تبدیل دست یافتند. بررسی الگوریتم های مختلف عددی جریان غیر دائم درون شبکه های گاز شهری و تحلیل دینامیکی یک شبکه نمونه با استفاده از توابع تبدیل نیز توسط باقری صورت پذیرفته است [۶].

۳- تشریح نوآوری پروژه و کاربرد آن در صنعت گاز:

همانطور که اشاره شد، با انجام شبیه‌سازی رفتار گذرای گاز در شبکه‌های شهری (حالت واقعی و غیر آرمانی قضیه)، طراحی، بهینه‌سازی، بهره‌برداری و برآوردهای مربوط به هزینه‌های تعمیر و نگهداری بطور واقع‌بینانه‌تری مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این رو این امکان ایجاد می‌شود که رفتار غیردائم جریان گاز را در لحظاتی مثل افت فشار شبکه و یا افزایش آن (یا هر زمان دیگری) که رفتار غیر حالت دائم و نوسانی از جریان گاز طبیعی در شبکه رخ می‌دهد، پیش‌بینی نمود و اطلاعات لازم را برای طراحی سیستم کنترل مناسب، مهیا کرد. از طرف دیگر، حسن این تحقیق بدست آوردن حل عددی جریان غیردائم درون شبکه‌های توزیع گاز طبیعی در فضای حالت است که روش کاملاً نوینی در این زمینه می‌باشد و ضمن برخورداری از دقت مناسب، جریان غیردائم را با سرعت محاسباتی بالا شبیه‌سازی نموده و امکان مدل‌سازی شبکه نیز بسیار ساده‌تر خواهد بود که خود عامل صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌باشد.

۴- مراحل اجرای پروژه :

۴-۱- مروری بر فعالیت‌های قبلی

۴-۲- الگوریتم‌سازی حل جریان درون شبکه

۴-۳- تحلیل توابع تبدیل در حل جریان غیر دائم

۴-۴- استفاده از حوزه لاپلاس و بردن آن به فضای حالت برای تحلیل جریان غیردائم گاز درون یک لوله یا بخشی از

یک لوله

۴-۵- مرتبط ساختن لوله‌ها و اعمال شرایط مرزی و قیود مربوط به گره‌ها یا حلقه‌ها

۴-۶- تحلیل یک شبکه نمونه با استفاده از فضای حالت

۴-۷- تهیه و تدوین پایان‌نامه، مقالات مربوط و پیگیری جهت چاپ

۵- زمانبندی پروژه :

زمانبندی (ماه)													شماره
۳۶-۳۴	۳۳-۳۲	۳۱-۳۰	۲۹-۲۸	۲۷-۲۶	۲۵-۲۴	۲۳-۲۲	۲۱-۲۰	۱۹-۱۸	۱۷-۱۶	۱۵-۱۴	۱۳-۱۲	۱۱-۱۰	فعالیت
													۱-۴
													۲-۴
													۳-۴
													۴-۴
													۵-۴
													۶-۴
													۷-۴

تبصره: حداکثر زمان اجرا برای پروژه‌های کارشناسی ارشد ۱۲ ماه و برای پروژه‌های دکتری ۳۶ ماه می‌باشد.

۶- هزینه دستگاهها، وسایل و مواد مورد نیاز که باید خریداری شوند:

ردیف	نام دستگاه، وسیله یا مواد	مصرفی	سرمایه ای	تعداد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل
۱	تونر (جهت پرینتر)	X		۱	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۲	ایاب و ذهاب	X		-	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۳	تهیه مقالات و مدارک فنی	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۴	تدوین پایان نامه، صحافی و ...	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۵	شرکت در کنفرانس(ها) و ارائه مقاله	X		-	۲/۰۰۰/۰۰۰	۲/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل هزینه ها (ریال)						۵/۰۰۰/۰۰۰

تبصره ۱- تعدیل هزینه های فوق با تشخیص واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی ، انجام خواهد شد.

تبصره ۲- سقف حمایت از پروژه های کارشناسی ارشد ۳۰ میلیون ریال و برای دکتری ۵۰ میلیون ریال می باشد.

۷- چاپ و ارائه مقاله در مجلات معتبر داخلی یا بین المللی بر اساس نتایج حاصل از این پروژه الزامی است .

تبصره ۱- برای پروژه های کارشناسی ارشد یک مقاله و دکتری دو مقاله الزامی می باشد .

تبصره ۲ : لازم است نام شرکت ملی گاز ایران بعنوان سازمان حمایت کننده در مقالات ذکر شود .

۸- پروژه کارشناسی ارشد یا دکتری باید به تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی (یا دانشکده)

رسیده باشد.

تبصره ۱: ارائه تأییدیه پروژه توسط تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی یا دانشکده ضروری است.

تبصره ۲: در ابتدای پایان نامه لازم است عبارت " این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده

است " ، درج شود.

۹- مرجع تصمیم گیری در خصوص مفاد این پرسشنامه واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی مدیریت پژوهش و فناوری خواهد بود.

اینجانب مرتضی بهبهانی نژاد بعنوان استاد راهنما ضمن تأیید مفاد این پرسشنامه متعهد می گردد که این پروژه با مشخصات موجود در هیچ دستگاه دیگری مطرح نگردیده و در آینده نیز بدون اطلاع شرکت ملی گاز طرف قرارداد قرار نخواهد گرفت.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : مرتضی بهبهانی نژاد تاریخ: ۳۱ / ۳ / ۸۷ امضاء:

پیوست

منابع

[1] Wylie, E.B. and Stoner M.A. and Streeter V.L, (Dec. 1971), "Network System Transient Calculation by Implicit Methods", *Soc. Eng. J.*, pp 356-362

[2] Luongo, C.A., (Oct. 1986), "An Efficient Program for Transient Flow Simulation in Natural Gas Pipelines", *15th Annual Meeting Pipeline Simulation Interest Group(PSIG), New Orleans*

[3] Kiuchi, T., (1994), "An Implicit Method For Transient Gas Flow In Pipe Networks, *Int. J. Heat and Fluid Flow*", Vol. 15, No. 5, pp 378-383

[4] J. Zhou, M.A. Adewumi, "Simulation of Transient Flow in Natural Gas Pipelines", *27th Annual Meeting Pipeline Simulation Interest Group (PSIG) Albuquerque, New Mexico, Oct-1995.*

[5] H.P. Reddy, S. Narasimhan, S. M. Bhallamundi, "Simulation and State Estimation of Transient Flow in Gas Pipeline Networks Using a Transfer Function Model", Department of Chemical Engineering and Department of Civil Engineering, Indian Inst. of Technology, Madras, Chennai-600036, India 2006.

[6] باقری، علی، " بررسی الگوریتم های مختلف عددی جریان غیر دائم درون شبکه های گاز شهری و تحلیل دینامیکی یک شبکه

نمونه "، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، شهریور ۸۷

بسمه تعالی



شرکت ملی گاز ایران
مدیریت پژوهش و فناوری
واحد ارتباطات دانشگاهی و آموزشهای تکمیلی

فرم درخواست حمایت از پایان نامه های کارشناسی ارشد و دکتری

الف) کلیات پروژه:

۱- عنوان پروژه به زبان فارسی :

مدلسازی رتبه کاسته جریان گذرا در شبکه های توزیع گاز طبیعی

۲- عنوان پروژه به زبان انگلیسی:

Reduced Order Modeling of Transient Flow in Natural Gas Distribution Networks

۳- نوع پروژه : بنیادی کاربردی توسعه ای خدماتی

۴- مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد

۵- زمان اجرای پروژه (ماه) : ۱۲ ماه

۶- خلاصه پروژه :

پروژه حاضر در ادامه پروژه ای که تحت عنوان مدلسازی رتبه کاسته جریان گاز در خطوط لوله گاز طبیعی توسط شکاری انجام شده تدوین شده است. در فعالیت قبل الگوی رتبه کاسته جریان گذرا درون خطوط لوله گاز بدست آمد. در پروژه حاضر هدف بدست آوردن الگوی رتبه کاسته جریان گذرا درون شبکه های گازرسانی است به گونه ای که بتوان ضمن برخورداری از دقت مناسب، جریان غیردائم را با سرعت محاسباتی بالا درون این شبکه ها تحلیل نمود.

ب) مشخصات استاد راهنما و همکاران اصلی پروژه :

۱- نام و نام خانوادگی استاد راهنما : مرتضی بهبهانی نژاد

مرتبه علمی: استادیار

مدیرک تحصیلی: دکترای مکانیک

دانشگاه محل خدمت: شهید چمران اهواز

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۲۳۷۸۱۹۷۳ پست الکترونیکی: bnmorteza@scu.ac.ir

مدارج تحصیلی و تخصصی (کارشناسی و بالاتر)

درجه تحصیلی / تخصصی	رشته تحصیلی / تخصصی	نام مؤسسه محل تحصیل	کشور محل تحصیل	سال دریافت
کارشناسی	مهندسی مکانیک	دانشگاه صنعتی شریف	ایران	
کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	
دکترای تخصصی	مهندسی مکانیک	دانشگاه تهران	ایران	

۲- نام و نام خانوادگی استاد مشاور: امین رضا نقره آبادی

مدرک تحصیلی: دکترای مکانیک مرتبه علمی و سمت: استادیار - عضو هیئت علمی

سازمان محل خدمت: دانشگاه شهید چمران اهواز نوع استخدام:

آدرس: دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشکده فنی و مهندسی - گروه مکانیک.

تلفن تماس: ۰۹۱۶۳۱۲۸۸۴۱ پست الکترونیکی: a_noghrea@yahoo.com

۳- نام و نام خانوادگی دانشجو: یوسف حسنی ساطحی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته تحصیلی: مهندسی مکانیک

سال ورود: ۱۳۸۷ دانشگاه: شهید چمران اهواز

آدرس: اهواز - دانشگاه شهید چمران - بلوار گلستان - مجتمع خوابگاهی نخل

تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۸۵۹۱۶۰ پست الکترونیکی: yousef6485@yahoo.com

ج) اطلاعات تفصیلی پروژه :

۱- تشریح پروژه و هدف از انجام آن:

امروزه تحلیل دینامیکی شبکه های توزیع گاز طبیعی بر کسی پوشیده نیست. جهت نیل به این هدف باید معادلات حاکم بر جریان گاز به روش عددی حل شوند. معادلات حاکم بر جریان گاز معادلات اویلر است که در آن جریان به صورت گذرا و دما ثابت لحاظ می شود. در نظر گرفتن اصطکاک جریان با جدار داخلی لوله موجب ناهمگن شدن این معادلات می شود. در ادامه باید شرایط مرزی در تقاطع ها که مربوط به دبی ورودی و فشار در هر مقطع می باشد بررسی شود. پس از آن معادلات غیرخطی حاکم بر کل شبکه استخراج شده و خطی سازی می شوند. سپس مسئله

مقدار ویژه جریان تشکیل می شود. به دلیل بزرگ بودن شبکه گاز احتیاج به استفاده از روش های خاصی برای بدست آوردن مقادیر ویژه جریان است. با بدست آمدن مقادیر ویژه مودهای غالب بدست می آید. به علاوه با بررسی رفتار مقادیر ویژه می توان نسبت به فیزیک مسئله و همچنین پایداری سیستم معادلات عددی حاکم اظهار نظر نمود. در نهایت مدل رتبه کاسته در ارتباط با تحلیل جریان گذرا درون یک شبکه گاز بررسی می شود. بنابراین هدف از این پروژه بدست آوردن الگوی رتبه کاسته جریان گذرا درون شبکه های گاز است به گونه ای که بتوان ضمن برخورداری از دقت مناسب، جریان غیردائم را با سرعت محاسباتی بالا تحلیل نمود.

۲- سابقه انجام پروژه های مشابه در ایران یا خارج از کشور با ذکر مأخذ: (در صورت لزوم پیوست شود.)

بر اساس اطلاعات موجود در زمینه بررسی جریان گذرا، استخراج الگوهای رتبه کاسته این نوع جریان ها در خطوط لوله گاز در ایران از سال ۱۳۸۶ شروع شده است. هرچند که تحلیل عددی این پدیده در کشورهای پیشرفته از سال ۱۹۷۱ به بعد دنبال شده است ولی اولین مرجع علمی در ارتباط با استفاده از الگوهای رتبه کاسته در این زمینه داخل کشور تدوین شده است. اما یافتن مدل های رتبه کاسته جریان گذرا در شبکه های گاز طبیعی تاکنون در هیچ منبع علمی معتبری ارائه نشده است. برخی منابع در ارتباط با تحلیل های عددی و مدل سازی رتبه کاسته در ادامه معرفی می شوند. ژو و آدومی یک روش تفاضل محدود TVD برای حل معادلات دیفرانسیل جریان یک بعدی غیردائم گاز طبیعی در یک لوله افقی و بدون صرف نظر کردن از عبارت خاصی در معادله مومنتم ارائه کردند [۱]. اخیراً روش خطها با استفاده از یک شبکه تطبیقی توسط تنتیس و همکاران به معادلات حاکم بر جریان گذرای گاز طبیعی اعمال شده است. این محققین به نتایج نسبتاً خوبی با استفاده از شبکه تطبیقی دست یافتند [۲]. مدل سازی رتبه کاسته جریان گذرا درون خطوط لوله گاز طبیعی توسط بهبهانی نژاد و شکاری صورت پذیرفته است. در این فعالیت دو نمونه جریان گذرای هم دما که نتایج تجربی آنها در اختیار بود به عنوان مسئله نمونه انتخاب شده است و سپس الگوی رتبه کاسته مورد نظر بدست آمده است. در نهایت نتایج آنها با نتایج تجربی و نتایج سایر محققین مورد مقایسه قرار گرفته است [۳].

[۱] J. Zhou, M.A. Adewumi, "Simulation of Transient Flow in Natural Gas Pipelines", 27th Annual Meeting Pipeline Simulation Interest Group (PSIG) Albuquerque, New Mexico, Oct-1995.

[۲] Tentis, E., Margaris, D., Papanikas, D. "Transient gas flow simulation using an Adaptive Method of Lines" *C. R. Mecanique*, Vol. 331, 2003, pp. 481-487.

[۳] M. Behbahani-Nejad, Y. Shekari, "Reduced Order Modeling of Natural Gas Transient Flow in Pipelines" 5th International Conference on Fluid Mechanics, ICFM08, Heidelberg, Germany, SEP. 2008

۳- تشریح نوآوری پروژه و کاربرد آن در صنعت گاز:

برای اولین بار از مدل های رتبه کاسته جریان گذرا در شبکه های گاز طبیعی در این پروژه استفاده می شود. کاربرد این نوع مدل سازی تسهیل در روند طراحی و بهینه سازی شبکه های گازرسانی و صرفه جویی در هزینه های گازرسانی می باشد.

۴- مراحل اجرای پروژه :

- ۴-۱- مروری بر فعالیت‌های قبلی
- ۴-۲- استخراج معادلات حاکم و چگونگی اعمال شرایط مرزی با توجه به شبکه مورد نظر
- ۴-۳- تلفیق معادلات و شرایط مرزی مزبور به منظور دستیابی به معادلات حاکم بر کل شبکه
- ۴-۴- تشکیل مسئله مقدار ویژه مربوط به شبکه و تحلیل آن
- ۴-۵- بدست آوردن مدل رتبه کاسته شبکه با استفاده از مودهای غالب
- ۴-۶- تهیه گزارش و تدوین مقالات و پایان‌نامه

۵- زمانبندی پروژه :

زمانبندی (ماه)											شماره	
۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	فعالیت
												۱-۴
												۲-۴
												۳-۴
												۴-۴
												۵-۴
												۶-۴

تبصره: حداکثر زمان اجرا برای پروژه‌های کارشناسی ارشد ۱۲ ماه و برای پروژه‌های دکتری ۳۶ ماه می‌باشد.

۶-۳ هزینه دستگاهها، وسایل و مواد مورد نیاز که باید خریداری شوند:

ردیف	نام دستگاه، وسیله یا مواد	مصرفی	سرمایه ای	تعداد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل
۱	تونر (جهت پرینتر)	X		۱	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۲	ایاب و ذهاب	X		-	۵۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰
۳	تهیه مقالات و مدارک فنی	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۴	تدوین پایان‌نامه، صحافی و ...	X		-	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۰۰۰/۰۰۰
۵	شرکت در کنفرانس(ها) و ارائه مقاله	X		-	۲/۰۰۰/۰۰۰	۲/۰۰۰/۰۰۰
	جمع کل هزینه ها (ریال)					۵/۰۰۰/۰۰۰

تبصره: ۱- تعدیل هزینه های فوق با تشخیص واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی ، انجام خواهد شد.

تبصره: ۲- سقف حمایت از پروژه های کارشناسی ارشد ۳۰ میلیون ریال و برای دکتری ۵۰ میلیون ریال می باشد.

۷- چاپ و ارائه مقاله در مجلات معتبر داخلی یا بین المللی بر اساس نتایج حاصل از این پروژه الزامی است .

تبصره: ۱- برای پروژه های کارشناسی ارشد یک مقاله و دکتری دو مقاله الزامی می باشد .

تبصره: ۲: لازم است نام شرکت ملی گاز ایران بعنوان سازمان حمایت کننده در مقالات ذکر شود .

۸- پروژه کارشناسی ارشد یا دکتری باید به تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی (یا دانشکده)
رسیده باشد.

تبصره: ۱: ارائه تأییدیه پروژه توسط تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی یا دانشکده ضروری است.

تبصره: ۲: در ابتدای پایان نامه لازم است عبارت " این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا شده
است " ، درج شود.

۹- مرجع تصمیم گیری در خصوص مفاد این پرسشنامه واحد آموزشهای تکمیلی و ارتباطات دانشگاهی مدیریت
پژوهش و فناوری خواهد بود.

اینجانب بعنوان استاد راهنما ضمن تأیید مفاد این پرسشنامه متعهد می گردد که این پروژه با مشخصات موجود در هیچ دستگاه
دیگری مطرح نگردیده و در آینده نیز بدون اطلاع شرکت ملی گاز طرف قرارداد قرار نخواهد گرفت.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : تاریخ: ۳۱ / ۳ / ۸۸ امضاء:

تعریف طرح‌های پژوهشی

عنوان طرح پژوهشی: ممیزی انرژی در مجتمع فولاد خوزستان

نوع طرح: کاربردی

پیش‌بینی زمان انجام طرح: ۱۲ ماه (یک سال)

ضرورت انجام طرح:

مجتمع فولاد خوزستان بعنوان یکی از بزرگترین صنایع فولادسازی در کشور از جمله صنایع عمده مصرف‌کننده گاز طبیعی است. این صنعت نه تنها بواسطه فرایند احیا مستقیم که منجر به مصرف مستقیم گاز طبیعی می‌شود بلکه بواسطه فرایند ذوب در کوره‌های قوس الکتریکی از مصرف‌کنندگان عمده برق و در نتیجه مصرف غیر مستقیم گاز در نیروگاه‌ها می‌باشد. بنابراین چنانچه بتوان با یک مطالعه جامع ممیزی انرژی مواردی را که احتمالاً نیاز به اصلاح الگوی مصرف دارند پیدا و در جهت اصلاح آنها اقدام نمود، می‌توان از مصرف بی‌رویه بالایی از گاز طبیعی جلوگیری نمود.

خلاصه طرح:

در این طرح هدف ممیزی انرژی در بخش‌های عمده فولادسازی نظیر گندله‌سازی، احیاء، واحد ذوب و ریخته‌گیری و سایر بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی در مجتمع فولاد خوزستان می‌باشد. ممیزی بایستی کلیه فرایندها را در بخش‌های مزبور از نقطه‌نظر مصرف انرژی مورد مطالعه و بررسی قرار دهد و راهکارهای عملی را پس از بررسی‌های فنی و اقتصادی که منجر به کاهش مصرف می‌شوند ارائه نماید. برای این منظور لازم است که ابتدا مطالعه و بررسی جامعی در ارتباط با فعالیت‌های مشابه صورت گیرد. سپس میزان مصرف فعلی انرژی در کلیه زیرمجموعه‌ها به تفکیک مشخص و بطور مبسوط گزارش گردد. پس از آن با انجام تحلیل‌های آگرژی مناسب، پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف شناسائی شود. در ادامه، کاهش مصرف با توجه به محدودیت‌های فنی و تکنولوژیکی مورد بحث قرار گرفته و در نهایت با توجه به محدودیت‌های اقتصادی نسبت به ارائه روش‌های بهینه مصرف انرژی اظهار نظر شود.

اهداف طرح:

۱. اصلاح الگوی مصرف انرژی بویژه مصرف گاز طبیعی در مجتمع فولاد خوزستان
۲. ممیزی انرژی در بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی در مجتمع فولاد
۳. تعیین میزان مصرف انرژی در شرایط فعلی در کلیه زیرمجموعه‌ها
۴. شناسایی پتانسیل‌های کاهش مصرف در کلیه زیرمجموعه‌ها
۵. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه فنی، تکنولوژیکی و زیست‌محیطی
۶. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه اقتصادی

عنوان طرح پژوهشی: ممیزی انرژی در نیروگاه‌های مستقر در استان خوزستان

نوع طرح: کاربردی

پیش‌بینی زمان انجام طرح: ۱۲ ماه (یک سال)

ضرورت انجام طرح:

نیروگاه‌های تولید برق بویژه نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی از جمله صنایع عمده مصرف‌کننده گاز طبیعی در استان خوزستان می‌باشند. در این نیروگاه‌ها عمده حرارت تولید شده توسط مشعل‌های در بویلرهای مربوطه ناشی از سوخته شدن گاز طبیعی است. بنابراین چنانچه بتوان با یک مطالعه جامع ممیزی انرژی مواردی را که احتمالاً نیاز به اصلاح الگوی مصرف دارند پیدا و در جهت اصلاح آنها اقدام نمود، می‌توان از مصرف بی‌رویه بالایی از گاز طبیعی در نیروگاه‌های مزبور جلوگیری نمود.

خلاصه طرح:

در این طرح هدف ممیزی انرژی در بخش‌های مختلف نیروگاه‌های تولید برق در استان خوزستان می‌باشد. ممیز بایستی کلیه فرایندها را در بخش‌های مزبور از نقطه‌نظر مصرف انرژی مورد مطالعه و بررسی قرار دهد و راهکارهای عملی را پس از بررسی‌های فنی و اقتصادی که منجر به کاهش مصرف می‌شوند ارائه نماید. برای این منظور لازم است که ابتدا مطالعه و بررسی جامعی در ارتباط با فعالیت‌های مشابه صورت گیرد. سپس میزان مصرف فعلی انرژی در کلیه زیرمجموعه‌ها به تفکیک مشخص و بطور مبسوط گزارش گردد. پس از آن با انجام تحلیل‌های آگزرچی مناسب، پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف شناسایی شود. در ادامه، کاهش مصرف با توجه به محدودیت‌های فنی و تکنولوژیکی مورد بحث قرار گرفته و در نهایت با توجه به محدودیت‌های اقتصادی نسبت به ارائه روش‌های بهینه مصرف انرژی اظهار نظر شود.

اهداف طرح:

۱. اصلاح الگوی مصرف انرژی بویژه مصرف گاز طبیعی در نیروگاه‌های موجود در استان خوزستان
۲. ممیزی انرژی در بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی در نیروگاه‌های مزبور
۳. تعیین میزان مصرف انرژی در شرایط فعلی در کلیه زیرمجموعه‌ها
۴. شناسایی پتانسیل‌های کاهش مصرف در کلیه زیرمجموعه‌ها
۵. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه فنی، تکنولوژیکی و زیست‌محیطی
۶. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه اقتصادی

عنوان طرح پژوهشی: ممیزی انرژی در صنایع سیمان استان خوزستان

نوع طرح: کاربردی

پیش‌بینی زمان انجام طرح: ۱۲ ماه (یک سال)

ضرورت انجام طرح:

صنایع تولید سیمان از بزرگترین صنایع مصرف‌کننده گاز طبیعی در استان خوزستان قلمداد می‌شوند. این صنایع هم از لحاظ مصرف گاز طبیعی و هم مصرف برق از مصرف‌کنندگان عمده تلقی می‌شوند. بنابراین چنانچه بتوان با یک مطالعه جامع ممیزی انرژی مواردی را که احتمالاً نیاز به اصلاح الگوی مصرف دارند پیدا و در جهت اصلاح آنها اقدام نمود، می‌توان از مصرف بی‌رویه بالایی از گاز طبیعی و برق مصرفی جلوگیری نمود.

خلاصه طرح:

در این طرح هدف ممیزی انرژی در بخش‌های عمده صنایع سیمان در استان خوزستان می‌باشد. ممیز بایستی کلیه فرایندها را در بخش‌های مزبور از نقطه‌نظر مصرف انرژی مورد مطالعه و بررسی قرار دهد و راهکارهای عملی را پس از بررسی‌های فنی و اقتصادی که منجر به کاهش مصرف می‌شوند ارائه نماید. برای این منظور لازم است که ابتدا مطالعه و بررسی جامعی در ارتباط با فعالیت‌های مشابه صورت گیرد. سپس میزان مصرف فعلی انرژی در کلیه زیرمجموعه‌ها به تفکیک مشخص و بطور مبسوط گزارش گردد. پس از آن با انجام تحلیل‌های آگرژی مناسب، پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف شناسایی شود. در ادامه، کاهش مصرف با توجه به محدودیت‌های فنی و تکنولوژیکی مورد بحث قرار گرفته و در نهایت با توجه به محدودیت‌های اقتصادی نسبت به ارائه روش‌های بهینه مصرف انرژی اظهار نظر شود.

اهداف طرح:

۱. اصلاح الگوی مصرف انرژی بویژه مصرف گاز طبیعی در صنایع تولید سیمان استان خوزستان
۲. ممیزی انرژی در بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی در صنایع سیمان
۳. تعیین میزان مصرف انرژی در شرایط فعلی در کلیه زیرمجموعه‌ها
۴. شناسایی پتانسیل‌های کاهش مصرف در کلیه زیرمجموعه‌ها
۵. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه فنی، تکنولوژیکی و زیست‌محیطی
۶. مطالعه امکان‌پذیری کاهش مصرف انرژی بویژه گاز طبیعی در بخش‌های مصرف‌کننده عمده از دیدگاه اقتصادی

عنوان طرح پژوهشی: بررسی کارایی پوشش‌های مختلف برای لوله‌های گاز مدفون

در زمین‌های آلوده به مواد نفتی و پیشنهاد پوشش مناسب

نوع طرح: کاربردی

پیش‌بینی زمان انجام طرح: ۱۲ ماه (یک سال)

ضرورت انجام طرح:

با توجه به اهمیت روکش‌ها و نقش به‌سزای آنها در تامین سلامت خطوط لوله، انتخاب آنها می‌بایست با لحاظ تمامی شرایط چه از نظر محیطی که روکش در آن قرار می‌گیرد و چه از لحاظ جنس لوله و صرفه‌ی اقتصادی، انجام گیرد. توسعه‌ی گازرسانی به مناطق مختلف کشور همچون شهرستان‌های آبادان و مسجدسلیمان و دیگر شهرستان‌های مرزی نفت خیز و وجود شرایط اقلیمی خاص در این مناطق، استفاده از خطوط لوله، تجهیزات مرتبط، روکش‌ها و سایر موارد را تحت‌الشعاع قرار داده و می‌بایست قبل از پیاده‌سازی شبکه‌ها از توانایی و کارایی موارد مذکور در این شرایط اقلیمی متفاوت اطمینان حاصل نمود. یکی از تفاوت‌های اساسی خاک این شهرستان‌ها با دیگر نقاط در میزان آلودگی خاک این ناحیه به مواد نفتی می‌باشد. این آلودگی‌های نفتی از پیامدهای جنگ تحمیلی بوده و ناشی از نشت نفت از لوله‌های ترکیده یا از پالایشگاه می‌باشند که در خاک منطقه نفوذ کرده‌اند. بدین منظور جهت تامین گاز این شهرستان‌ها و موارد مشابه می‌بایست تمهیدات لازم به منظور پوشش مناسب برای لوله‌های مدفون در چنین محیط‌هایی اتخاذ شود.

اهداف طرح:

۱. مطالعه و بررسی شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شهرستان‌هایی با شرایط مذکور
۲. مطالعه و بررسی قابلیت‌ها و کاربردهای پوشش‌های مختلف
۳. بررسی قابلیت‌های پوشش‌های مختلف خاک‌های آلوده به مواد نفتی در شهرهای فوق‌الذکر
۴. بررسی امکان‌پذیری استفاده از پوشش‌های مختلف با توجه به ملاحظات فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی

۵. پیشنهاد پوشش مناسب برای شهرهای فوق‌الذکر با توجه به محدودیت‌های فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی

عنوان طرح پژوهشی: طراحی و ساخت آچار بوکس قابل تنظیم

نوع طرح: کاربردی

پیش بینی زمان انجام طرح: ۱۲ ماه

ضرورت انجام طرح:

تجهیزات و وسایل ایستگاه‌های تقلیل فشار ممکن است شامل پیچ و مهره‌هایی باشند که توسط هیچ کدام از آچارهای استاندارد موجود قابل باز و بسته شدن نباشند. بنابراین اپراتور مربوطه ممکن است به ناچار با یک ابزار غیر مناسب اقدام به باز و بسته نمودن پیچ و مهره نماید که این عملیات منجر به خرابی پیچ و مهره‌ها و صرف زمان بیشتر برای نصب و تعمیر خواهد شد. همچنین پیچ و مهره‌ها روی سطوح، درون حفره، جاهایی که دسترسی به آنها مشکل است و.. کاربرد دارند پس بنا به شرایط می‌بایستی از آچار مناسب (تخت، رینگ و...) استفاده کرد. از ابزارهای قابل تنظیم مثل آچار فرانسه، زمانی که پیچ روی سطوح باشد می‌توان استفاده کرد اما برای داخل حفره باید آچار بوکس مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی بدلیل اینکه ممکن است برخی از پیچ و مهره‌ها با استانداردهای انگلیسی و برخی با استانداردهای متریک ساخته شده باشند، به منظور باز و بسته نمودن این پیچ و مهره‌ها اغلب نیاز است که آچارهای بسیار زیاد و متنوعی توسط اپراتور به محل ایستگاه حمل شود. به منظور رفع مشکلات فوق طراحی و ساخت یک آچار بوکس قابل تنظیم مد نظر قرار گرفته است.

خلاصه طرح:

در این طرح هدف طراحی و ساخت یک آچار بوکس با دهانه قابل تنظیم می‌باشد به گونه‌ای که آچار پیشنهادی دارای دهانه مهره‌گیر قابل تنظیم بوده که قابلیت حرکت و باز و بسته شدن داشته و به اندازه پیچ و مهره مورد نظر تنظیم گردد (همانند فک‌های متغیر دستگاه تراش و یا سه نظام دریل). این ابزار بایستی قابلیت باز و بسته کردن پیچ و مهره‌های ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز را دارا باشد. همچنین طرح مورد نظر می‌بایست از استانداردهای مرتبط با ابزارهای قابل تنظیم تبعیت نماید.

اهداف طرح:

۱. جلوگیری از جابجایی مقدار زیادی آچار توسط اپراتور
۲. قابل تنظیم بودن دهانه آچار و سهولت کاربرد و استفاده‌های گوناگون
۳. قابلیت انجام وظایف اغلب آچارهای موجود جهت تعمیرات ایستگاهها
۴. مورد استفاده در فعالیتهای عملیاتی و تعمیراتی شرکت گاز به ویژه نصب، راه‌اندازی، تعمیرات و نگهداری ایستگاههای تقلیل فشار گاز
۵. امکان استفاده از آچار بصورت آچار بوکس