^IGS-R-PM-112(0)	آذر ۱۳۹۶
Recommended Practice	دستورالعمل پیشنهادی

شرکت ملي گاز ايران

مديريت پژوهش و فنآوري

امورتدوين استانداردها

IGS

این دستورالعمل با توجه به تجربیات عملی و فنی کارشناسان شرکت ملی گاز تهیه گردیده و استفاده از آن به مدت ۱ سال از زمان انتشار الزامی نبوده و صرفاً جهت راهنمایی می باشد. از کلیه کاربران محترم این دستورالعمل درخواست می گردد نظرات اصلاحی خود را جهت بررسی به امور تدوین استانداردها اعلام نمایند.بدیهی است پس از زمان مقرر اقدامات مقتضی بمنظور اخذ مصوبه ه .م .م جهت الزامی نمودن آن ، صورت خواهد پذیرفت.

طراحی آکوستیکی ایستگاهها ی تقلیل فشار و اندازه گیری گاز

Acoustical Designing of Reducing and Metering Gas Stations

پیشگفتار

۱-این استاندارد/دستورالعمل به منظور استفاده خصوصی در شرکت ملی گاز ایران و شرکتهای فرعی وابسته تهیه شده است .

۲-شرکت ملی گاز ایران در مورد نیازهای عمومی از استانداردهای وزارت نفت (IPS) و در مورد نیازهای اختصاصی از استانداردهای اختصاصی خود (IGS) استفاده می نماید .

۳-استانداردهای شرکت ملی گاز ایران (IGS) توسط کمیته های تخصصی استاندارد متشکل از کارشناسان بخش های مختلف و یا مشاور تهیه می شود و توسط شورای استاندارد (منتخب هیئت مدیره شرکت ملی گاز ایران) به تصویب می رسند .

۴-در تنظیم متن استانداردهای (IGS) از کلیه منابع شناخته شده استانداردی ، اطلاعات فنی – تخصصی مربوط به صنایع گاز دنیا، مشخصات فنی تولیدات سازندگان معتبر جهانی و نیز از نتیجه تحقیقات و تجربیات کارشناسان و متخصصان داخلی بر حسب مورد استفاده می شود . همچنین به منظور استفاده از هر چه بیشتر از تولیدات داخلی قابلیت های سازندگان داخلی نیز مورد توجه قرار می گیرد .

۵-استانداردها از طریق پایگاه اینترنتی شرکت* و یا لوح فشرده (CD) در اختیار واحدها و کاربران قرار می گیرد

۶-استانداردها به طور متوسط هر ۵ سال یکبار و یا در صورت ضرورت زودتر ، مورد بازنگری و بروز رسانی قرار می گیرند . بنابراین کاربران باید همیشه آخرین نگارش را مورد استفاده قرار دهند .

۷-هر گونه نظر و یا پیشنهاد اصلاح در مورد استانداردها مورد استقبال و بررسی قرار خواهد گرفت و در صورت تائید ، استاندارد مربوطه نیز مورد تجدید نظر قرار خواهد گرفت .

تعاریف عمومی

درمتن استانداردهای (IGS) از تعاریف و اصطلاحات زیر استفاده میشود.

۱-"شرکت" (COMPANY): منظور از شرکت " شرکت ملی گاز ایران " و یا شرکتهای فرعی وابسته می باشد .

۲-"فروشنده " (SUPPLIER / VENDOR) : به فرد یا موسسه ای اطلاق می گردد که تعهدی را نسبت به شرکت تقبل نموده است.

۳- "خریدار " (PURCHASER) : منظور از خریدار : " شرکت ملی گاز ایران " و یا شرکتهای فرعی وابسته می باشد

۴-" SHALL" : در مواردی بکار برده می شود که انجام خواسته مورد نظراجباری است .

۵- " SHOULD " : در مواردی بکار برده می شود که انجام خواسته مورد نظر ترجیحی و درعین حال اختیاری است

۶- " MAY " : در مواردی بکار برده می شود که انجام کار به شکل مورد بحث نیز قابل قبول می باشد .

---

*آدرس اینتر نتی (http://igs.nigc.ir) ، آدرس الکترونیکی (nigc igs@nigc.ir)

فهرست

عنوان **صفحه**

۱– هدف و دامنه کاربرد..... ۲
۲– مراجع ۲
۳– تعاریف و اصطلاحات..... ۳
۴– طراحی آکوستیکی ایستگاه..... ۴
۵– الزامات طراحی آکوستیکی ۶

پیوست ۱ – راهکارهای مکانیکی و ساختمانی و کاهش نویز در ایستگاه ۱۱
پیوست ۲ – نمونه طراحی آکوستیکی ایستگاه..... ۱۴
پیوست ۳– نقشه های آکوستیکی ایستگاه..... ۲۰
پیوست ۴– روش اندازه گیری نویز در ایستگاه و اندازه گیری آن.....۲۷
پیوست ۵– روش اندازه‌گیری صوت (نویز) در ایستگاه و استانداردهای آن..... ۳۵

۱- هدف و دامنه کاربرد

در ایستگاه‌های تقلیل فشار و اندازه گیری، عبور گاز باعث انتشار صوت می شود که در برخی موارد خارج از محدوده مجاز تعیین شده در استانداردهای مربوط به آلودگی صوتی بوده و باعث بروز مشکلات بهداشت شغلی کارکنان و بهره برداران ایستگاه‌ها و سلب آسایش مجاورین می‌شود.

هدف از تدوین این دستورالعمل تعیین حداقل الزامات طراحی آکوستیکی برای ایستگاه‌های تقلیل فشار و اندازه گیری جدید و ارائه راهکارهای عملی جهت کنترل و تقلیل آلودگی صوتی ایستگاه‌های موجود می‌باشد. الزامات و راهکارهای مذکور شامل ملاحظات طراحی آکوستیکی ساختمان ایستگاه و تجهیزات مکانیکی آن می‌باشد.

نکته: استفاده از مندرجات این دستورالعمل در طراحی ایستگاه های تقلیل فشار و اندازه گیری که دارای مشکلات نویز می باشند، قابل استفاده بوده و در سایر موارد جنبه توصیه ای دارد.

دامنه کاربرد این دستورالعمل شامل شرکت ملی گاز ایران و کلیه شرکت‌های تابعه آن می‌باشد.

۲- مراجع

۲-۱ مراجع الزامی

- **تصویبنامه اجرای ماده «۱۳» آئین نامه جلوگیری از آلودگی صوتی، سازمان حفاظت محیط زیست : تصویب نامه مورخ ۸۹/۱۱/۲۶ منتشره از سوی شورای عالی حفاظت محیط زیست.**
- **قانون ممنوعیت استفاده از آزبست، موضوع تصویب نامه شماره ۴۴۶۵۷/۱۶۶۴۸۹ مورخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۲ شورای عالی حفاظت محیط زیست.**
- Members of ISA Committee SP75.17, “Control Valve Aerodynamic Noise Prediction”, American National Standard, ANSI/ISA-S75.17-1989.
- *Control valve sizing, in Sizing and selection.*VALTEK.
- *Noise Prediction, in Sizing and selection .*VALTEK.
- BS EN 60651:1994 & IEC 60651:1979, “Specification for Sound level meters”.
- ANSI S1.4: 1983, “Specification for Sound level meters”.
- IEC 61672-1: 2003, “Sound level metersPart1: Specifications”.
- ISO 9613-2: 1996, Attenuation of sound during propagation outdoors-General method of calculation.
- BS 4142: 1997, “Method for Rating Industrial Noise Affecting Mixed Residential and Industrial Areas”.
- BS EN ISO 11820:1997, “Acoust-Measurement on Silencer in situ”.

۲-۲- مراجع اطلاعی

- مقررات حریم خطوط لوله گاز ایران (IGS-C-SF-015(4) ، شرکت ملی گاز ایران، امور تدوین استانداردها، آذر ۱۳۹۳

- *بخشنامه اجرای ضوابط و معیارهای استقرار واحدهای صنعتی و تولیدی*،سازمان حفاظت محیط زیست، موضوع تصویب نامه شماره ۷۸۹۴۶/ت۳۹۱۲۷ه مورخ ۱۳۹۰/۴/۱۵ هیئت وزیران.

- علی فائزیان، "تدوین استاندارد و دستورالعمل طراحی ایستگاههای تقلیل فشار گاز شهری با ملاحظات آکوستیکی"، شرکت صنعت پروژه توس، کارفرما شرکت گاز استان خراسان رضوی، ۱۳۹۴

- احسان حکیمی و پریناز سلیمانی، "بررسی عددی راهکار کاهش میزان سطح تراز نویز در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز درون شهری"،

- شرکت ملی گاز ایران، امور تدوین IGS-R-ST-001- دستورالعمل سازه‌ای احداث ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز مسطح استانداردها، بهمن ۱۳۹۵

- Ver, I. L. & Berenek, L. L., "(Noise and Vibration Control Engineering-Principles and Aplications", John Wiley& Sons Inc., 2005.
- Nelson, D. A., Reduced Noise Gas Flow Design Guide, Nasa Glenn Rsearch Center,Nelson Acoustics, 2005.
- J.H Graneman, J.R.P .Pipe noise : Peutz Consulting Engineers.
- VDI, Noise at pipes,STANDARD by Verband Deutscher Ingenieure / , in 373Association of German Engineers, 07/01/1996.
- Noise Prediction, in Sizing and selection .VALTEK.
- Cheremisinoff, N.P., "*Noise Control in Industry a Practical Guide", Noyes Publications, 1996.*
- www.acousticalsurfaces.com
- Barron, R.F.," Industrial Noise Control and Acoustics", CRC Press, Boca Raton, Florida, 2003.
-F.A. Everest& K. C Pohlmann, "Master Handbook of Acoustics", 5th Edition, Mac Graw Hill, 2009.

۳- تعاریف و اصطلاحات

۳-۱- نویز

صدای ناخوشایندی است که از یک منبع صوت در ایستگاه منتشر می‌شود. گاهی از کلمه نوفه به جای آن استفاده میشود.

۳-۲- صداگیر در مسیر

تجهیزی است که به منظور کاهش نویز بعد از رگولاتور در مسیر جریان گاز قرار می‌گیرد.

۳-۳- طراحی آکوستیکی ایستگاه

کلیه راهکارها و اقدامات اجرایی که براساس محاسبات و مشخصات آکوستیکی مصالح و تجهیزات به منظور کنترل و کاهش آلودگی صوتی ایستگاه در نقشه‌های اجرایی ساخت ایستگاه آورده می‌شود.

۳-۴- نقطه دریافت

نقطه‌ای در موقعیت فضایی مشخص است که میکروفون صدا سنج در آن نقطه قرار می‌گیرد تا نویز منبع صوت از آن نقطه اندازه‌گیری شود.

۳-۵- تراز وزنی A

حساسیت گوش انسان در مقابل فشار صوت در فرکانسهای مختلف متفاوت است. برای اینکه تراز فشار صوت حاصل منطبق بر حس شنوایی انسان باشد مقادیری از تراز فشار صوت واقعی کم یا به آن اضافه می‌شود. نتیجه آن تراز وزنی Aفشار صوت خواهد بود. تعریف و مقادیر این وزن دهی در منابع معتبر از جمله استاندارد بین المللی IEC 61672:2003 آورده شده است.

۳-۶- تراز فشار صوت

شکل لگاریتمی و بدون بعد فشار اغتشاشی محیط است که مقدار تخمینی یا تجربی آن در هر نقطه نشان دهنده میزان صدا در آن نقطه می‌باشد. واحد اندازه‌گیری آن دسی‌بل است. با توجه به اینکه گوش انسان مقادیر طیفی صوت را منطبق با تابع وزنی A (فیلتراسیون) آن می‌شنود هرکجا در این دستورالعمل به تراز فشار یا توان صوت اشاره شود منظور تراز وزنی A آن می‌باشد.

۳-۷- ایستگاه تقلیل فشار گاز

قبل از نقاط مصرف لازم است گاز طبیعی از سیستم‌های کاهش فشار و اندازه‌گیری عبور نماید. این سیستم‌ها را ایستگاه تقلیل فشار گاز می‌نامند.

۴- اختصار ها

ایستگاه تقلیل فشار گاز ◄ ایستگاه

صداگیر در مسیر ◄ صداگیر

تراز فشار صوت ◄ تراز صوت

HSE ◄ Health, Safety and Environment

۵- طراحی آکوستیکی ایستگاه

ملاحظات طراحی آکوستیکی هر ایستگاه بسته به عواملی از قبیل حد مجاز تراز فشار صوت در منطقه و موقعیت قرارگیری نسبت به کاربری‌های مجاور، ظرفیت و نوع ایستگاه متفاوت است. در ابتدا بایستی موقعیت ایستگاه و حد مجاز انتشار نویز در آن منطقه مشخص گردد. در مرحله بعد، چنانچه هدف، طراحی ایستگاه جدید باشد، بایستی نویز تولیدی ایستگاه بر اساس ظرفیت اسمی آن محاسبه شود. در ایستگاههای موجود، نویز بایستی در حداکثر ظرفیت مصرفی اندازه‌گیری شود. چنانچه نویز محاسبه شده یا اندازه گیری شده از محدوده مجاز فراتر باشد، لازم است با اعمال ملاحظات این دستورالعمل، نویز ایستگاه تا رسیدن به حد مجاز کاهش داده شود.

۵-۱- بررسی مکانی ایستگاه

لازم است علاوه بر در نظر گرفتن کلیه ملاحظات مندرج در آخرین ویرایش مقررات حریم خطوط گاز ایران-IGS C-SF-015 در مکان‌یابی ایستگاه، قوانین، مقررات محیط زیستی نیز مورد توجه قرار گیرد. مطابق با ویرایش ۴ استاندارد مذکور، با توجه به اینکه وسعت و حدود هر یک از تأسیسات، براساس نیازهای عملیاتی و ایمنی، توسط طراح تعیین می‌شود، لذا حریم اختصاصی تأسیسات مقدار ثابت و از پیش تعیین شده‌ای ندارد.

۵-۲- تعیین حد مجاز تراز فشار صوت در حریم ایستگاه

با توجه به جانمایی ایستگاه لازم است محدودیتهای محیط زیستی شدت صوت همسایگان ایستگاه مطابق با جدول ذیل مد نظر قرار گیرد. تعریف مناطق مندرج در این جدول و روش محاسبه تراز معادل در آخرین ویرایش از قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست آمده است.

جدول ۱- حد مجاز تراز فشار صوت در مناطق مختلف

نوع منطقه (پهنه)	روز: ۷ صبح الی ۱۰ شب $\overline{Lp}_{روز}\ dB(A)$	شب: ۱۰ شب الی ۷ صبح $\overline{Lp}_{شب}\ dB(A)$
پهنه مسکونی	۵۵	۴۵
پهنه تجاری- مسکونی	۶۰	۵۰
پهنه تجاری	۶۵	۵۵
پهنه مسکونی-صنعتی	۷۰	۶۰
پهنه صنعتی	۷۵	۶۵

توضیح: $dB(A)$ $\overline{Lp}_{روز}$ و $dB(A)$ $\overline{Lp}_{شب}$ **مقدار تراز متوسط صوت به ترتیب در بازه ۱۵ ساعتی روز و در بازه ۹ ساعتی شب میباشد.**

مقدار متوسط تراز فشار صوت در روز و شب از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\overline{Lp}_{روز} = 10\log\sum_{i=1}^{n}\frac{Leq(10')_i}{n},\ n=15 \quad \text{و} \quad \overline{Lp}_{شب} = 10\log\sum_{i=1}^{n}\frac{Leq(10')_i}{n},\ n=9$$

که $Leq(10')$ **تراز معادل درمدت زمان ده دقیقه اندازه‌گیری است که ۲۴ بار در شبانه روز (با فاصله زمانی یک ساعته) اندازه‌گیری می‌شود.**

۵-۳- ملاحظات مکان‌یابی ایستگاه از منظر صوتی

- **به منظور کاهش هرچه بیشتر آلودگی صوتی، توصیه می‌شود تا حد امکان بیشترین فاصله ممکن و کمترین مجاورت از مناطق مسکونی در نظر گرفته شود.**
- **جانمایی ایستگاه در محلی انتخاب شود که تراکم طبقاتی ساختمان‌ها کمترین مقدار ممکن باشد و کروکی تحصیل زمین ایستگاه به تایید کارگروهی متشکل از نمایندگان امورHSE، امور مهندسی و اجرای طرحها (یا سایر امور مرتبط) رسیده باشد.**
- **توصیه می‌شود جانمایی ایستگاه در حداکثر فاصله با مراکز بهداشتی-درمانی وآموزشی واقع گردد.**
- **توصیه می‌گردد جانمایی ایستگاه در صورت امکان با اولویت ذیل انجام پذیرد:**
  - ✓ **پهنه صنعتی**
  - ✓ **پهنه مسکونی-صنعتی**
  - ✓ **پهنه تجاری**
  - ✓ **پهنه تجاری- مسکونی**
  - ✓ **پهنه مسکونی**

۶– الزامات آکوستیکی ایستگاه ها

۶–۱– محاسبه نویز ایستگاه ها

با توجه به اینکه مهمترین منبع تولید نویز در ایستگاه رگولاتور است و نویز ناشی از سایر تجهیزات در مقایسه با رگولاتور قابل چشم پوشی بوده لذا محاسبه نویز رگولاتور برای تخمین نویز ایستگاه کافی خواهد بود. برای اطلاع از تراز طیفی نویز رگولاتور به مشخصات فنی تجهیز، که توسط سازنده ارائه شده است رجوع شود. لازم به ذکر است که اگر سایز، کلاس و نوع رگولاتور (محوری و یا غیر محوری) تغییر نکند نویز تولید شده در رگولاتور سازنده‌های مختلف نزدیک به هم است و تغییر برند تاثیر قابل توجهی در تخمین نویز ندارد. درصورتی که اطلاعات سازنده تجهیز برای تخمین نویز ایستگاه کافی نباشد با استفاده از روابط منابع معتبر علمی و فنی نویز ایستگاه در نزدیکی منبع و نقاط مشخص شده محاسبه می‌شود. در پیوست ۱، روشی برای تخمین نویز پیشنهاد شده است که طراح صرفاً با تایید کارفرما می‌تواند از روش ارائه شده یا سایر روشهای ارائه شده در مراجع معتبر استفاده نماید.

نویز ایستگاه‌های موجود با اندازه‌گیری مطابق روش ارائه شده در این دستورالعمل مشخص می‌شود.

۶–۲– راهکارهای آکوستیکی طراحی ایستگاه

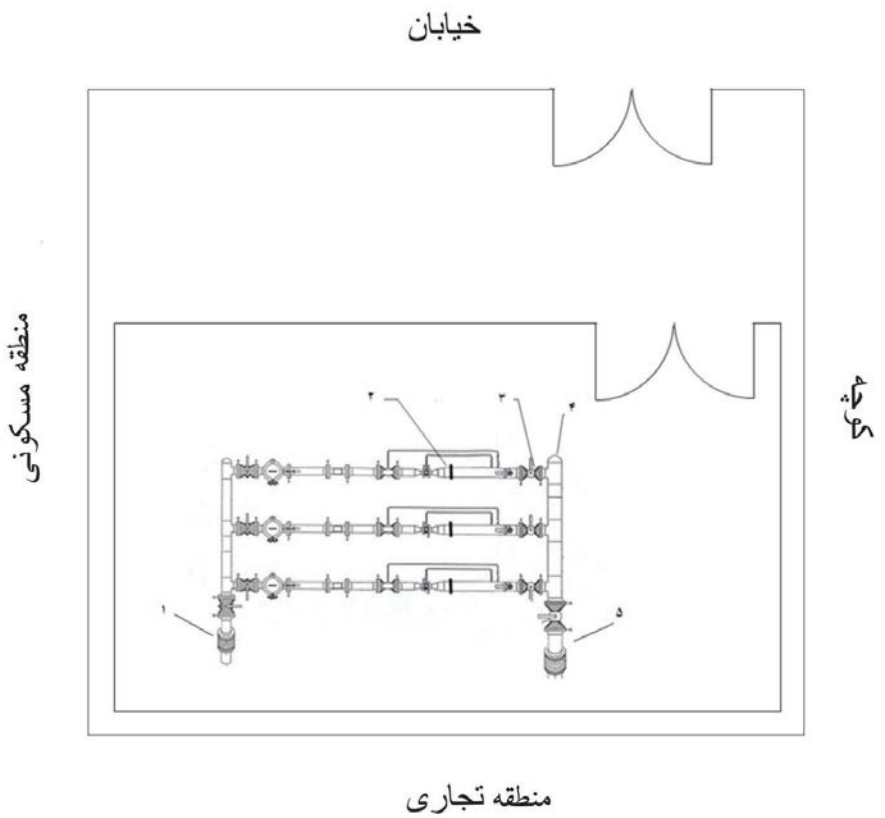
چنانچه نویز محاسبه شده برای ایستگاه بیشتر از مقدار مجاز (جدول ۱) باشد، بایستی مطابق الزامات جدول-های ۲ و ۳ نسبت به کاهش نویز تا رسیدن به مقدار مجاز اقدام شود. در این دستورالعمل راهکارها هیچ‌گونه اولویتی نسبت به یکدیگر ندارند و بسته به شرایط ایستگاه مورد نظر و ملاحظات اقتصادی و عملیاتی راهکار مناسب انتخاب می‌شود. توضیحات تکمیلی درباره راهکارها در پیوست ۲ آورده شده است.

جدول۲– راهکارهای مکانیکال کاهش نویز

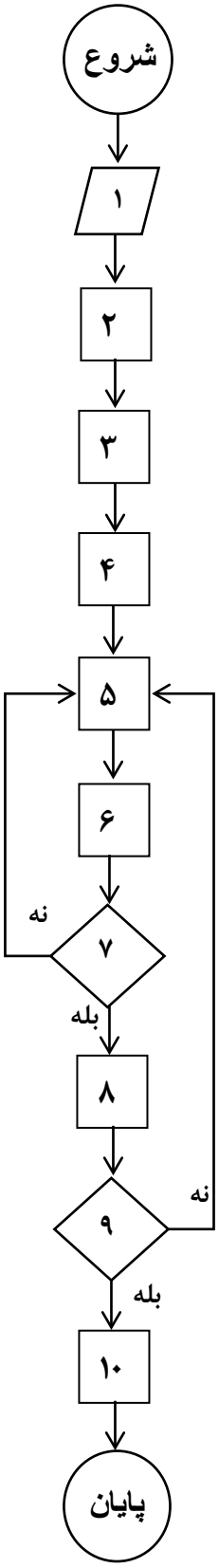
راهکار	پیش بینی محدوده کاهش نویز dB	ملاحظات
استفاده از ball valve بجای plug valve	۴	در حالت کاملا باز شیرهای توپی، قطر دهانه گذر با سایز لوله یکسان می‌باشد (مطابق بند پ-۲-۱ پیوست ۲).
افزایش ظرفیت ایستگاه	تا ۱۰	مطابق بند پ-۲-۲ پیوست ۲
افزایش ضخامت لوله (schedule)	۵	این راهکار در صورتی موثر است که در کل مسیر پایین دست رگولاتور اجرا شود (مطابق بند پ-۲-۳ پیوست ۲).
کاهش طول لوله‌های پایین دست رگولاتور به طول بهینه	بستگی به میزان کاهش طول دارد.	طول پیشنهادی سازنده رگولاتور همان طول بهینه جهت نصب سنسور فشار است. طول بیشتر از طول آشفتگی جریان یا کمتر از آن باعث افزایش نویز خواهد شد (مطابق بند پ-۲-۴ پیوست ۲).
نصب سایلنسر یا استفاده از رگولاتور سایلنسردار	تا ۲۰	با توجه به اینکه سایلنسرهای مکانیکی افت فشار دارند لازم است سایلنسر قبل از حسگر فشار پایین‌دست رگولاتور نصب شود (مطابق بند پ-۲-۵ پیوست ۲).
دورکردن هدر خروجی از دیوارها		یک راه آن چیدمانی است که هدر خروجی نزدیک درب ورودی باشد (مطابق شکل ۱ و بند پ-۲-۶ پیوست ۲).
استفاده از T blind بجای زانویی90 درجه در هدرها	۳ تا ۵	به طور کلی در تغییر مسیرهای ۹۰ درجه، قرار دادن انتهای بسته تی شکل به کاهش نویز کمک می‌کند (مطابق بند پ-۲-۷ پیوست ۲).
کاهش فشار گاز در دو مرحله	تا ۸	صرفاً جهت استفاده در ایستگاههای CGS و صنایع با فشار ورودی حداقل psig ۴۰۰ (مطابق بند پ-۲-۸ پیوست ۲).
رعایت اصول طراحی در خصوص حداکثر سرعت مجاز در هدرهای ورودی و خروجی		حداکثر سرعت مجاز در هدرهایی با دو یا سه خط انشعابی و ظرفیت 50%، 13 m/sec می‌باشد (مطابق بند پ-۲-۹ پیوست ۲).
استفاده از پوشش آکوستیکی روی خطوط ایستگاه	۱۵ تا ۲۰	از پوشش Cladding بصورت یک یا دو لایه پس از رگولاتور تا انتهای خط خروجی و هدرها استفاده شود. بهتر است پوشش آکوستیکی قطعه قطعه ساخته شده و لازم است کلیه قطعات آن راحت باز و بسته شود (مطابق بند پ-۲-۱۰ پیوست ۲).
استفاده از لرزه‌گیر بین تجهیزات ایستگاه و تکیه‌گاه آن در پایه و بین پایه و فنداسیون ساختمان		استفاده از میراکننده‌ها و عایق‌های ارتعاشی (انواع فوم، مانت و مانند آن) از انتقال ارتعاشات تجهیزات مکانیکی به شاسی و فونداسیون جلوگیری می‌کند (مطابق بند پ-۲-۱۵ پیوست ۲).

جدول ۳- راهکارهای ساختمانی کاهش نویز

راهکار	پیش بینی محدوده کاهش نویز dB	ملاحظات
نکته ۱		قبل از اینکه راهکارهای ساختمانی اجرا شود لازم است از بستن منافذ و درزها اطمینان پیدا کرد. در غیر این صورت تاثیر راهکارها کم و حتی خنثی می‌شود (مطابق بند پ-۲-۱۱ پیوست ۲).
استفاده از تهویه آکوستیکی به جای تهویه معمولی	تا ۳۰	با توجه به اینکه نشتی گاز از اتصالات و شیرهای ایستگاه اجتناب ناپذیر می‌باشد برای جلوگیری از انباشتگی گاز در داخل ایستگاه لازم است تهویه صورت گیرد (مطابق بند پ-۲-۱۲ پیوست ۲ و نقشه شماره ۸/۸ پیوست ۴).
استفاده از مواد جاذب صوت مانند ساندویچ پانل	تا ۳۰	بسیار اوقات دیوارهای ایستگاه ضریب جذب صوتی مناسبی دارند و استفاده از مواد جاذب صوت در سقف کفایت می‌کند. نوع سطح جاذب صدا نیز براساس میزان کاهش نویز مورد نیاز انتخاب می‌شود (مطابق نقشه شماره ۷/۸ پیوست ۴).
انتخاب و تعیین موقعیت درب، پنجره و هواکش ایستگاه با توجه به موقعیت همسایگان ایستگاه در صورت لزوم		گاهی لازم نیست برای راهکارهای آکوستیکی هزینه کرد. تنها با انتخاب جهت مناسب برای پنجره‌ها نویز به حد قابل قبول می‌رسد.
استفاده از سطوح با ضریب جذب بالا در مجاورت منبع تولید نویز	تا ۳۰	گاهی استفاده از سپر یا مانع صوتی با ضریب جذب بالا در اطراف منبع صوت برای رساندن نویز به حد مجاز کفایت می‌کند که روش نسبتا ارزانی محسوب می‌شود (مطابق بند پ-۲-۱۳ پیوست ۲ و نقشه شماره ۷/۸ پیوست ۴).
جایگزینی هواکش توربینی و هواکش ضد انفجار بجای پنجره-ها	تا ۳۰	برای تهویه لازم است هوا از سایلنسر تهویه ورودی وارد و از هواکش تخلیه یا سایلنسر تهویه خروجی تخلیه شود شود که یکی از روش‌ها با توجه به محدیت‌های اجرایی و هزینه‌ها انتخاب شود (مطابق بند پ-۲-۱۲ پیوست ۲ و نقشه شماره ۸/۸ پیوست ۴).
نکته ۲:		راهکارهای مذکور برای ایستگاه‌های مسطح ارائه شده است. این راهکارها به جز دیوارها و سقف برای ایستگاه‌های کابینتی نیز با توجه به محدودیت فضا قابل پیاده شدن است. در ایستگاه‌های کابینتی با استفاده از پانل آکوستیکی شامل: قاب فلزی، لایه ماده جاذب و حفاظ صفحه‌ی سوراخدار فلزی با درنظر گرفتن سایلنسر تهویه در کابینت طراحی و اجرا شود (مطابق بند پ-۲-۱۶ پیوست ۴).



شکل ۱ : چیدمان تجهیزات مکانیکی ایستگاه: ۱-لوله ورودی ۲-سایلنسر (صداگیر) ۳- شیر اطمینان ۴-هدر خروجی ۵-لوله خروجی



۶-۳- اندازه گیری نویز در ایستگاه های موجود

نحوه اندازه‌گیری صوت به شیوه‌های گوناگونی انجام می‌شود. برای پرهیز از هرگونه ابهام یک روش اندازه‌گیری صوتی انتخاب شده و در پیوست ۵ معرفی شده تا همه آزمایش‌ها طبق آن انجام پذیرد.

۶-۴- الگوریتم طراحی آکوستیکی ایستگاه

۱- دریافت درخواست و مشخصات فنی (فشار ورودی و خروجی، ظرفیت و محدوده جغرافیایی ایستگاه)

۲- تعیین حد مجاز تراز صوت ایستگاه بر اساس شرایط (مطابق جدول ۱ و سایر چهارچوبهای مورد توافق کارفرما)

۳- تعیین نویز رگولاتور (مطابق داده‌های سازنده یا پیوست ۱ و مثال پیوست ۳)

۴- رسم نمودار طیفی نویز در ایستگاه بر اساس توزیع فرکانسی اکتاو (تراز فشار صوت بر حسب فرکانس)

۵- انتخاب راهکارهای کنترل نویز اعم از ساختمانی و مکانیکال بنا به تشخیص کارفرما

۶- تعیین نویز محاسبه یا اندازه‌گیری شده در وجوه ایستگاه (مطابق داده‌های سازنده یا پیوست ۱ و مثال پیوست ۳)

۷- آیا مقدار نویز محاسباتی (اندازه‌گیری) ایستگاه در حد مجاز است؟

۸- برآورد هزینه‌های اجرای طرح آکوستیکی ایستگاه (براساس هزینه‌های استعلام شده و نتایج مراحل قبلی)

۹- آیا طرح آکوستیکی ایستگاه توجیه اقتصادی دارد؟ (طبق نظر کارفرما)

۱۰- معرفی ساختار نهایی طرح آکوستیکی ایستگاه (ارائه داده‌ها و نقشه‌های طراحی مطابق پیوست ۴)

نکته: نمونه طراحی یک ایستگاه براساس این آلگوریتم در پیوست ۳ آورده شده است.

پیوست ۱ – روش‌های تخمین نویز در ایستگاه

۱–۱ اثر چند منبع نویز در کل نویز تولیدی

کل نویز ایستگاه، ناشی از جریان گاز در تجهیزات موجود در ایستگاه از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{pt} = 10\log\left[\sum_{i=1}^{n}\log^{-1}\left(\frac{L_{pi}}{10}\right)\right] = 10\log\left(\sum_{i=1}^{n}10^{L_{pi}/10}\right) \qquad (۱-۱)$$

که در این رابطه L_{pt} تراز فشار صوت کل و L_{pi} تراز فشار منبع iام هستند. در این رابطه تعداد کل منابع نویز nتا و هریک از تجهیزات به عنوان منبع تولید نویز با شمارنده i=1 to n مشخص می‌شوند.

با توجه به اینکه اختلاف تراز فشار صوت تولیدی در رگولاتور نسبت به سایر تجهیزات بیش از ۱۰ دسی‌بل است، رگولاتور به عنوان عامل اصلی انتشار صوت محسوب می‌گردد.

۱–۲ تخمین نویز تولیدی توسط رگولاتور با استفاده از روش والتک

نویز ناشی از جریان گاز در رگولاتور جریان محوری از رابطه تجربی (پ–۱–۲) شرکت والتک محاسبه می‌شود. در رابطه اصلی والتک فاکتور دما نیز وجود دارد که در دمای کاری ایستگاه‌ها (۲۹- تا ۶۰ درجه سانتیگراد) مقدار فاکتور دما صفر می‌شود. بنابراین فاکتور دما در رابطه (پ–۱–۲) حذف شده است. معمولا مکانیزمی که شرکت‌های مختلف در ساخت رگولاتورهای محوری خود بکار می‌برند مشابه است. بنابراین این رابطه برای تخمین نویز رگولاتورهای دیگر نیز قابل استفاده است. در چند مورد که نویز رگولاتور ساخت شرکت دیگر اندازه‌گیری میدانی شده، مقدار آن به مقدار تخمینی آن با دقت اعلام شده توسط شرکت والتک نزدیک می‌باشد.

$$dB(A)_{Regulator} = V_s + P_s + E_s + G_s + A_s + D_s \qquad (۱-۲)$$

که در آن:

V_S : فاکتور جریان (از نمودار پ–۱–۱–الف خوانده می‌شود)

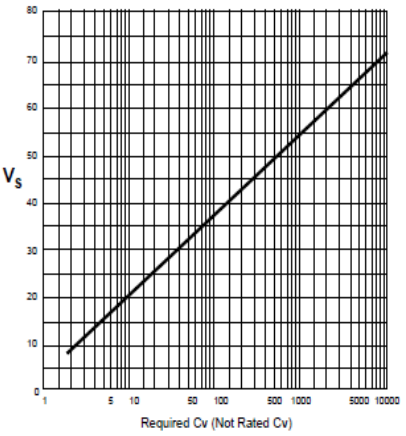
P_S : فاکتور فشار (از نمودار پ–۱–۱–ب خوانده می‌شود)

E_S : فاکتور نسبت فشار (از نمودار پ–۱–۱–پ خوانده می‌شود)

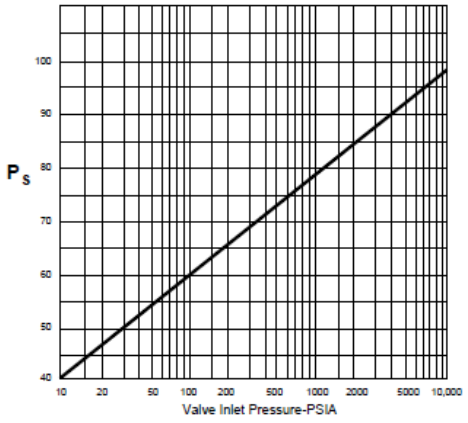
G_S : فاکتور وزن مولکولی سیال (از نمودار پ–۱–۱–ت خوانده می‌شود)

A_S : فاکتور میرایی صوتی لوله (از جدول پ–۱–۱ خوانده می‌شود)

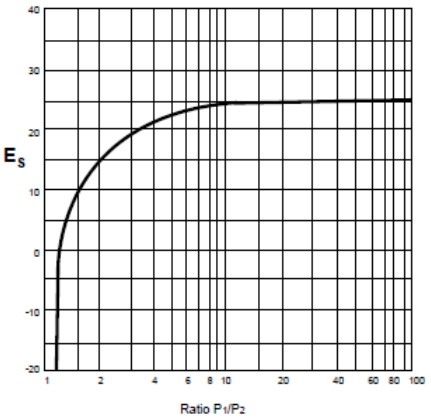
D_S : فاکتور فاصله تا شنونده (از جدول پ–۱–۲ خوانده می‌شود)



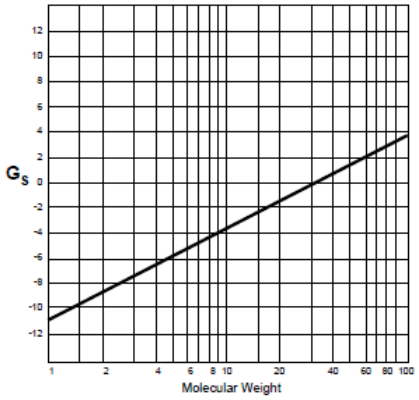
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

شکل ۱-۱ : عوامل موثر در نویز، فاکتورهای الف)جریان ب) فشار پ) نسبت فشار ت) خواص فیزیکی سیال

جدول ۱-۱- ضریب اثر میرایی صوتی دو رده لوله (قابل استفاده تنها برای گازها)

قطر (اینچ)	SCH 40	SCH 80
٦	٢٠	٢٥,٥
٨	٢١,٤	٢٧
١٢	٢٤,٥	٣١,٢
١٦	٢٨,٥	٣٥,٢

جدول ۱-۲- ضریب اثر فاصله در نویز

فاصله از منبع انتشار صوت (فوت)	۳	۶	۱۲	۲۴	۴۸	۹۶
D_S	صفر	-۵	-۱۰	-۱۵	-۲۰	-۲۵

دقت مقدار بدست آمده توسط این روش هنگامی که سرعت خروجی کمتر از سرعت صوت باشد $\mp 5\ dB\ (A)$ است و نیز معادلاتی که در اینجا ذکر می‌شود تنها برای تراز نویزهای بالای $dB(A)$ ۷۰ از دقت مناسبی برخوردار می‌باشند. قابل ذکر است این روابط برای سیال گاز قابل استفاده است.

پارامترهایی که برای محاسبه تراز نویز و استفاده از جداول و نمودارها لازم است به شرح ذیل می‌باشد:

- C_V: ضریب تخلیه شیر (رگولاتور) یا ظرفیت جریانی را می‌توان از اسناد فنی شرکت سازنده بدست آورد.
- وزن ملکولی گازها از منابع معتبر قابل استخراج است.
- p_1: فشار بالا دست برحسب psia
- p_2: فشار پایین دست برحسب psia

پیوست ۲ – توضیح تکمیلی راهکارهای مکانیکی و ساختمانی کاهش نویز در ایستگاه

۲–۱ استفاده از شیر ball valve در پایین دست رگولاتور

به طور کلی موانع و تغییر در سطح مقطع در مسیر جریان سبب ایجاد نویز می‌شود. بنابراین به هر شکلی که بتوان از ایجاد موانع و تغییر سطح مقطع جلوگیری کرد از تولید نویز پیش‌گیری خواهد شد. استفاده از شیر ball valve یکی از راه‌های جلوگیری از موانع و تغییر سطح مقطع می‌باشد.

۲–۲ افزایش ظرفیت ایستگاه

برای ایستگاههای موجود، در صورتی که مصرف فعلی ایستگاه از ظرفیت نامی آن فراتر باشد و سایر راهکارهای ارائه شده در این دستورالعمل برای رساندن نویز به حدود مجاز آن موثر واقع نشود، افزایش ظرفیت ایستگاه اجتناب ناپذیر خواهد بود. لازم به توضیح است زمانی که ایستگاه با مصرف کمتر از ظرفیت نامی کارکند تغییر ظرفیت ایستگاه در تولید نویز رگولاتور اثر قابل توجهی ندارد.

۲–۳ افزایش ضخامت لوله (schedule)

نویز جریانی خط لوله از مسیر جداره لوله به فضای ایستگاه انتقال می‌یابد. با عبور صوت از دیواره فلزی بخشی از آن مستهلک می‌شود که با پارامتر اتلاف عبور برحسب دسی‌بل بیان می‌گردد. تفاوت میرایی دو رده لوله حدود ۶ دسی‌بل است.

۲–۴ کاهش طول لوله‌های پایین دست رگولاتور به حداقل طول پیشنهادی سازنده

با توجه به بررسی‌ها و اندازه‌گیری میدانی اثر طول خط قبل از رگولاتور در تولید نویز قابل صرف نظر کردن است. طول خط بعد از رگولاتور در تولید نویز اهمیت ویژه‌ای داشته و با افزایش این طول، سطح انتشار نویز و شدت آن افزایش می‌یابد. لذا در طراحی آکوستیکی بایستی به حداقل طول، برای لوله پایین دست رگولاتور اکتفا نمود.

۲–۵ نصب سایلنسر یا استفاده از رگولاتور سایلنسردار

کنترل نویز به دو شکل فعال و انفعالی انجام می‌شود. در سامانه‌های کنترل نویز انفعالی پس از آنکه تولید نویز در منبع تولید شد با استفاده از سایلنسرهای مکانیکی کنترل می‌شود. سه نوع سایلنسر مکانیکی عکس‌العملی، جذبی و ترکیبی وجود دارد. در سایلنسرهای عکس‌العملی با استفاده از تغییرات هندسی در مسیر جریان بخشی از انرژی امواج صوتی با انعکاس و تداخل مستهلک می‌شود. در سایلنسرهای جذبی با برخورد امواج صوتی با سطوح جذبی بخشی از انرژی صوتی به گرما تبدیل می‌شود. این دو نوع سایلنسر در فرکانس‌های متفاوت انرژی صوتی را مستهلک می‌کنند. بنابراین ترکیب آنها در محدوده بیشتر طیف فرکانسی نویز را کاهش می‌دهند. سایلنسرها براساس نوع، مشخصه عملکردی و کاربرد با نام‌های مستهلک کننده، جذبی، عکس‌العملی، انعکاسی و تشدید کننده دسته‌بندی می‌شوند. نوع جذبی زیرمجموعه مستهلک کننده و انواع انعکاسی و تشدید کننده زیرمجموعه عکس‌العملی محسوب می‌شوند. بسیاری از سایلنسرهای مکانیکی در مسیر تخلیه سیال قرار دارند. بنابراین سایلنسر علاوه بر کنترل و کاهش نویز باید مشابه قطعات و تجهیزات دیگری که در خطوط انتقال قرار می‌گیرند دارای استحکام مکانیکی کافی باشد.

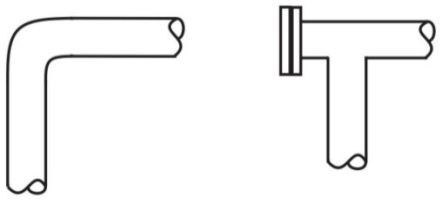
افت فشار سایلنسر یکی از مشخصه‌های مهم آن است. یکی از نگرانی‌های مصرف کنندگان سایلنسر تاثیر افت فشار آن بر عملکرد رگولاتور است. اگر حسگر فشار پایین دست رگولاتور پس از سایلنسر قرار داشته باشد افت فشار سایلنسر تامین کننده بخشی از افت فشاری است که به عهده رگولاتور قرار دارد. نصب سایلنسر پس از رگولاتور، برای فشار ثابت خروجی ایستگاه، معادل افزایش فشار پایین دست رگولاتور خواهد بود. در هر صورت نباید نصب سایلنسر تا ظرفیت نامی رگولاتور بر عملکرد آن تاثیر منفی داشته باشد.

۲-۶ دورکردن هدر خروجی از دیوارها

در ایستگاه‌های موجود چیدمان تجهیزات ایستگاه به گونه‌ای است که هدر خروجی در انتهای اتاق ایستگاه قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه هدر خروجی سطح قابل توجهی برای انتشار صوت به محیط اتاق دارد با قرار دادن هدر خروجی در ورودی اتاق ایستگاه فاصله آن از همسایگان مجاور بیشتر شده و بنابراین صدای کمتری به آنها می‌رسد. در شکل ۱ چیدمان پیشنهادی ایستگاه تقلیل فشار گاز نشان داده شده است. البته چیدمان پیشنهادی از نظر ایمنی ایستگاه نیز باید بررسی شود.

۲-۷ استفاده از blind T بجای زانویی90 درجه در هدرها

دو لوله از لوله‌های خطوط ایستگاه با اتصال T و یک لوله با اتصال خم ۹۰ درجه و یا اتصال تی با انتهای کور به هدر خروجی متصل می‌شوند (شکل پ-۲-۱). استفاده از اتصال تی با انتهای کور بجای خم ۹۰ درجه و یا بالاتر سبب می‌شود یک المان حجمی (مانند انتهای بسته تی شکل) ایجاد شود که به عنوان یک المان آکوستیکی به کاهش نویز کمک می-کند.



(ب) (الف)

شکل ۲-۱ : دو روش اتصال لوله کناری به هدر خروجی الف) اتصال تی با انتهای کور ب) خم ۹۰ درجه

۲-۸ کاهش فشار گاز در دو مرحله

استفاده از رگولاتور دو مرحله‌ای در ایستگاه‌های CGS رایج است. رگولاتور دو مرحله‌ای در صورتی درست عمل می-کند که فشار بالادست رگولاتور اول حداقل ۴۰۰ psig باشد. بنابراین راهکار دو مرحله‌ای کردن رگولاتور در ایستگاههای تقلیل فشار و اندازه‌گیری که فشار ورودی آنها حداقل ۴۰۰ psig باشد مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۹ رعایت اصول طراحی در خصوص حداکثر سرعت مجاز در هدرهای ورودی و خروجی

هدر خروجی علاوه بر آنکه مهمترین عامل انتشار نویز جریان گاز است خود نیز نویز تولید می‌کنند. تاکنون در عمل محدودیت حداکثر سرعت مجاز ۱۳ m/sec در هدرهایی با دو یا سه خط انشعابی و بار ۵۰٪ ظرفیت کمتر رعایت می-شده و معمولا قطر کمتری برای هدر انتخاب می‌شده است. با توجه به اینکه انتخاب قطر متناسب با سرعت مجاز سبب

کاهش نویز تولیدی می‌گردد و از طرفی با افزایش قطر هدر افزایش ضخامت آن را به همراه دارد اتلاف عبور در هدر افزایش می‌یابد. بنابراین رعایت حد مجاز سرعت تاکید می‌شود.

۲-۱۰ استفاده از پوشش آکوستیکی روی خطوط ایستگاه

یکی از راه‌های افزایش اتلاف عبور نویز در لوله‌ها استفاده از پوشش آکوستیکی یا Cladding است. برای اینکه اتلاف عبور در پوشش قابل توجه باشد این پوشش در فاصله هوایی چند سانتیمتری از جداره بیرونی لوله قرار می‌گیرد و خود پوشش نیز معمولا از سه قسمت پوسته سوراخدار فلزی داخلی، عایق صوتی مجاز و پوسته فلزی بیرونی تشکیل می‌شود. پوشش جهت بازرسی باید قابل باز و بسته باشد. بهتر است پوشش آکوستیکی قطعه قطعه ساخته شده و لازم است کلیه قطعات آن راحت باز و بسته شود.

۲-۱۱ بستن منافذ و درزهای ساختمان

به عنوان یک قاعده کلی در طراحی آکوستیکی ایستگاه لازم است تا ساختمان به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که کمترین انتشار صوت را داشته باشد. با توجه به اینکه درب و پنجره نقش به سزایی در انتشار نویز به بیرون ایستگاه دارند لازم است در انتخاب و تعیین موقعیت آنها دقت شود تا درب، پنجره و هواکش ایستگاه در وجهی قرار گیرد که به سمت خیابان بوده و کلیه منافذی که به سمت منازل مسکونی یا درمانی می‌باشد حذف شود یا در صورت لزوم در سمتی قرار گیرند که حد مجاز تراز فشار صوت آن نسبت به سایر وجوه بالاتر باشد.

قبل از اجرا هریک از راهکارهای ساختمانی برای کاهش نویز دریافتی در بیرون ساختان ایستگاه لازم است کلیه منافذ و درزها ساختمان حداقل در وجه مورد نظر بسته شود. در غیر این صورت تاثیر راهکارها کم و حتی خنثی می‌شود.

۲-۱۲ جایگزینی تهویه معمولی با تهویه آکوستیکی

با توجه به اینکه نشتی گاز از اتصالات و شیرهای ایستگاه اجتناب ناپذیر می‌باشد برای جلوگیری از انباشتگی گاز در داخل ایستگاه لازم است تهویه صورت گیرد. در ساختمان بسیاری از ایستگاه‌های مسطح موجود به منظور تهویه، فاصله هوایی بین سقف و دیوارها در نظر گرفته شده است که منجر به انتشار آلودگی صوتی می‌شود. جانمایی مناسب پنجره‌ها، مجاری تهویه و هواکش‌ها در مقدار صدای خروجی از ساختمان بسیار مؤثر است. تا حدی که بزرگ بودن دریچه‌ها و مجاری تهویه می‌تواند اثر بکار گیری دیواره‌های جاذب صدا را بی‌اهمیت نماید. بنابراین لازم است سطح پنجره‌ها و هواکشها فقط به مقدار نیاز برای تهویه هوا در ایستگاه بوده و تا حد ممکن از ایجاد فاصله هوایی بین دیوار و سقف جلوگیری شود. دریچه‌ها می‌بایست بر روی دیوارهایی نصب شوندکه به سمت منازل مسکونی اطراف نباشند. استفاده از سایلنسر تهویه بهترین راه برای جابجای هوای داخل ساختمان و جلوگیری از انتشار صدا به بیرون (از مسیر تهویه) است که سطح مقطع موثر مورد نیاز برای تهویه تعیین کننده اندازه سایلنسر تهویه می‌باشد.

گاهی لازم نیست از راهکارهای آکوستیکی برای تهویه استفاده کرد. تنها با انتخاب جهت مناسب برای پنجره‌ها نویز به حد قابل قبول می‌رسد.

جایگزینی هواکش توربینی و هواکش ضد انفجار بجای پنجره ها گزینه‌ای مشابه سایلنسر تهویه است که با توجه به محدیت‌های اجرایی و هزینه‌ها یکی از روش انتخاب می‌شود.

۲-۱۳ استفاده از مواد جاذب صوت مانند ساندویچ پانل در دیوارها و سقف

می‌توان از ساختمان ایستگاه به عنوان یک مانع عبور نویز به بیرون ایستگاه استفاده کرد. اتلاف عبور (TL) بیان کننده میزان کاهش صوت در مسیر عبور از یک ماده است. بدست آوردن اتلاف عبور مواد و بویژه مصالح ساختمانی در فرکانس‌های مختلف کار ساده‌ای نیست زیرا این ویژگی تابع فرکانس و ضخامت ماده مورد نظر می‌باشد. اتلاف عبور مواد با تعریف رده عبور صوت در استاندارد ASTM(E90-70) استانداردسازی شده است. هنگامی که رده عبور صوت ماده‌ای بزرگتر باشد به این معنی است که این ماده مانع موثرتری در عبور صوت خواهد بود.

عموماً ساختمان ایستگاه‌های مسطح در حال حاضر با دیوارهای آجری به ضخامت ۳۵ سانتی‌متر ساخته می‌شوند. بسیار اوقات دیوارهای ایستگاه ضریب جذب صوتی مناسبی دارند و استفاده از مواد جاذب صوت در سقف کفایت می‌کند. نوع سطح جاذب صدا نیز براساس میزان کاهش نویز مورد نیاز انتخاب می‌شود. در ایستگاه با دیوار آجری بهتر است سطح داخلی دیوار روکش گچ یا هرنمایی که از تخلخل و ناصافی سطح می‌کاهد استفاده نشود. آجر گری نسبت به آجر سفال صدا را بهتر جذب می‌کند.

یکی از گزینه‌هایی که در دیوارها رفتار آکوستیکی مناسبی دارند پانل‌های عایق صوتی می‌باشد. پانل‌ها در انواع بسیار متنوع با کارایی‌های مختلف در انواع سقفی و دیواری در داخل کشور ساخته می‌شوند که مدل‌های رایج آن عبارتند از ساندویچ پانل‌ها، تری‌دی پانل‌ها، درای وال پانل‌ها و پانل فوم‌آلومنیوم که با استفاده از عایق‌ها و جاذب‌های مختلف ساخته می‌شوند. همچنین به منظور کاهش نویز می‌توان از عایق‌های مجاز بهره برد. استفاده از پانل‌های سبک‌تر و با کارایی صوتی بیشتر سقف در ساختمان ایستگاه‌های مسطح بجای سقف‌های رایج پیشنهاد می‌شود. استفاده از ساندویچ پانل‌های سقفی (با ورق پانچ و فوم محافظ در وجه داخلی) دارای مواد جاذب صدا به شرط رعایت استانداردهای ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی (HSE) و عدم اشتعال پذیری، گزینه‌های مناسبی برای استفاده در سقف می‌باشند.

حتی‌الامکان استفاده از سطوح بازتابنده صوت (با ضریب جذب کوچک) در مجاورت منبع تولید نویز جلوگیری شود. زیرا اگر منبع صوت در نزدیکی یک سطح بازتابنده صوت (زمین یا دیوار سخت و صاف) نصب شده باشد حداقل مقدار ۳ دسی‌بل به صدای اصلی اضافه می‌گردد. به همین ترتیب اگرمنابع تولید نویز در نزدیکی دو یا سه سطح بازتابنده نصب شود به ترتیب حداقل۶ و ۹ دسی‌بل به صدای اصلی اضافه می‌شود. در مواردی که منبع تولید نویز در اتاق کوچکی که تمام سطوح کف و دیوارها و سقف بازتابنده هستند (با ضریب بازتابش ۰/۹۹) قرار گیرد تراز نویز حتی تا ۴۰ دسی‌بل بالاتر از نویز همان منبع صوت در محیطی بدون سطوح بازتابنده خواهد بود. ضریب بازتابش صوتی طیفی برخی مصالح رایج در شش فرکانس از ۸ فرکانس اُکتاو در جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۲- ضریب بازتابش طیفی صوتی برخی مصالح رایج در ۶ فرکانس از فرکانس‌های اکتاو

نام مواد	۱۲۵ هرتز	۲۵۰ هرتز	۵۰۰ هرتز	۱۰۰۰ هرتز	۲۰۰۰ هرتز	۴۰۰۰ هرتز
آجر معمولی	۰,۹۷	۰,۹۷	۰,۹۷	۰,۹۶	۰,۹۵	۰,۹۳
بلوکه بتن سبک متخلخل	۰,۶۴	۰,۵۶	۰,۶۹	۰,۷۱	۰,۶۱	۰,۷۵
بلوکه بتن متراکم با سطح صاف	۰,۹	۰,۹۵	۰,۹۴	۰,۹۳	۰,۹۱	۰,۹۲
پنجره با شیشه معمولی	۰,۶۵	۰,۷۵	۰,۸۲	۰,۸۸	۰,۹۳	۰,۹۶

گاهی لازم نیست کل دیوارها و سقف ساختمان ایستگاه با پانلهای آکوستیکی پوشیده شود و استفاده از سپر یا مانع صوتی با ضریب جذب بالا در اطراف منبع صوت برای رساندن نویز به حد مجاز کفایت می‌کند که روش نسبتا ارزانی محسوب می‌شود.

۲-۱۴ فاصله گرفتن از منبع نویز

یکی از عواملی که در کاهش صدا نقش دارد فاصله شنونده از منبع صوت می‌باشد. بعنوان مثال مطابق جدول پ-۲-۳، اگر فاصله ۹۲ سانتیمتری از منبع صدا مبنا قرار گیرد با دو برابر شدن فاصله از منبع تراز فشار صوت حدود ۵ دسی‌بل کاسته می‌شود.

جدول ۲-۳ - اثر فاصله از منبع بر مقدار صدا

مقدار کاهش صدا (دسی‌بل)	صفر	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
فاصله از منبع صدا (سانتیمتر)	۹۱,۵	۱۸۳	۳۶۶	۷۳۲	۱۴۶۴	۲۹۲۸

۲-۱۵ مشخصات فونداسیون و پایه‌های ضربه‌گیر

صدای تولید شده در اثر ارتعاش لوله‌ها به شاسی و سپس فوندانسیون ایستگاه منتقل می‌شود. معمولا این نویز در مقایسه با نویزاصلی ایستگاه (تولید شده توسط تجهیزات مکانیکی ایستگاه) ناچیز است. با این حال برای جلوگیری از انتقال ارتعاشات تجهیزات مکانیکی به شاسی و فونداسیون استفاده از میراکننده‌ها و عایق‌های ارتعاشی (انواع فوم، مانت و مانند آن) این مشکل را برطرف می‌کند.

طراح برای انتخاب جنس و اندازه لرزه‌گیر تعداد پایه شاسی، فاصله‌ی آنها و قطر و وزن تقریبی هر خط را در اختیار شرکت سازنده لرزه‌گیر قرار دهد. برخی شرکت‌های سازنده لرزه‌گیر با داشتن این اطلاعات جنس و ابعاد (بویژه ضخامت) لرزه‌گیر را محاسبه و به طراح پیشنهاد می‌کنند. در غیر این صورت لازم است طراح خود بار استاتیکی هر تکیه‌گاه و فرکانس طبیعی (مد اول) خط لوله را که همان فرکانس تحریک پایه است بدست آورد. با انتخاب مقدار بزرگتر از ۲,۵ برای نسبت فرکانس تحریک به فرکانس طبیعی لرزه‌گیر و همین‌طور نسبت دامنه ارتعاش (نسبت دامنه ارتعاش ضرب در ضریب سختی به نیروی تکیه‌گاه) کمتر یا مساوی ۰,۲، ابعاد لرزه‌گیر (بویژه ضخامت آن) و نوع لاستیک (ضریب سختی آن) مشخص می‌شود.

۲-۱۶ راهکارهای آکوستیکی در ایستگاه‌های کابینتی

ساختمان ایستگاه کابینتی از یک اتاقک فلزی تشکیل شده و فاصله هوایی بین تجهیزات مکانیکی ایستگاه از یکدیگر بسیار کمتر از ایستگاه‌های مسطح و فاصله آنها از دیواره اتاقک کمتر از یک متر است. بنابراین انعکاس صدا در آن بسیار زیاد بوده به‌طوری که تراز نویز در داخل ایستگاه بیش از ۱۰ دسی‌بل بیشتر از تراز نویز تولید شده در منبع صوت (رگولاتور) می‌باشد. راهکارهای مذکور در بندهای پ-۲-۱ تا پ-۲-۱۵ برای ایستگاه‌های مسطح ارائه شده است. این راهکارها به جز دیوارها و سقف برای ایستگاه‌های کابینتی نیز با توجه به محدودیت فضا قابل پیاده شدن است. در

ایستگاه‌های کابینتی ساختمان ایستگاه که همان کابینت است با استفاده از پانل آکوستیکی شامل: قاب فلزی، لایه ماده جاذب و حفاظ صفحه‌ی سوراخدار فلزی با درنظر گرفتن سایلنسر تهویه طراحی و اجرا شود.

پیوست ۳ – نمونه طراحی آکوستیکی ایستگاه

در این قسمت طراحی آکوستیک یک ایستگاه TBS (خیابان هفت تیر مشهد) با استفاده از آلگوریتم بخش ب-۳ دستورالعمل بررسی می‌شود.

گام اول (گرفتن داده‌ها و خواسته‌های کارفرما (ظرفیت و محدوده جغرافیایی ایستگاه):

موقعیت ایستگاه TBS: ضلع جنوبی آن با ساختمان مسکونی و شمال و غرب آن با خیابان و شرق آن با ساختمان تجاری همجوار است. ظرفیت ایستگاه ۲۰۰۰۰ متر مکعب بر ساعت استاندارد بوده که شامل ۳ خط (رن) ۱۰۰۰۰ متر مکعب می‌باشد. لازم به ذکر است یکی از رن‌ها به صورت آماده بکار استفاده می‌گردد.

گام دوم (تعیین حد مجاز تراز صوت ایستگاه):

با توجه به موقعیت ایستگاه حد مجاز نویز خروجی از ایستگاه در سمت جنوب ۴۵ دسی‌بل و سایر جهت‌ها ۵۵ دسی-بل می‌باشد.

گام سوم (محاسبه نویز رگولاتور و محاسبه حداکثر نویز در ایستگاه):

تراز فشار صوت با استفاده از روش والتک برابر ۹۳,۴ دسی بل بدست می‌آید که با در نظر گرفتن دو رن تراز فشار صوت درون ایستگاه برابر ۹۶,۴ دسی بل می‌شود.

گام چهارم (رسم نمودار طیفی نویز در ایستگاه):

نویزی تخمینی رگولاتور توسط رابطه والتک مقدار کلی بوده در حالی که برای طراحی آکوستیکی توزیع طیفی (برحسب فرکانس) نویز مفید است. برای طراحی ایستگاه لازم است توزیع طیفی نویز مشخص شود. در اینجا یک نمونه از روشهای تخمین طیفی نویز آورده شده است. طراح اختیار دارد از این روش یا یک روش صحیح دیگر توزیع طیفی نویز را تخمین بزند. در این مثال فرض می‌کنیم پاسخ فرکانسی نویز تولیدی ایستگاه در دست طراحی مشابه ایستگاه موجود باشد. برای اینکه این فرض به واقعیت نزدیک باشد باید ایستگاه موجود انتخاب شده دارای ظرفیت و نوع رگولاتور مشابه با ایستگاه در دست طراحی باشد. راه‌های مختلفی برای برازش[1] نتایج اندازه‌گیری شده و تخمینی والتک وجود دارد که می‌توان از نرم افزارهای تخصصی برازش استفاده کرد. در اینجا یک روش ساده فقط برای نشان دادن مراحل کار دنبال می شود. نتایج اندازه‌گیری طیفی نویز در هفت فرکانس زیر در جدول زیر در چهار ایستگاه ثبت شده است.

$$f(Hz) = \{125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000\}$$

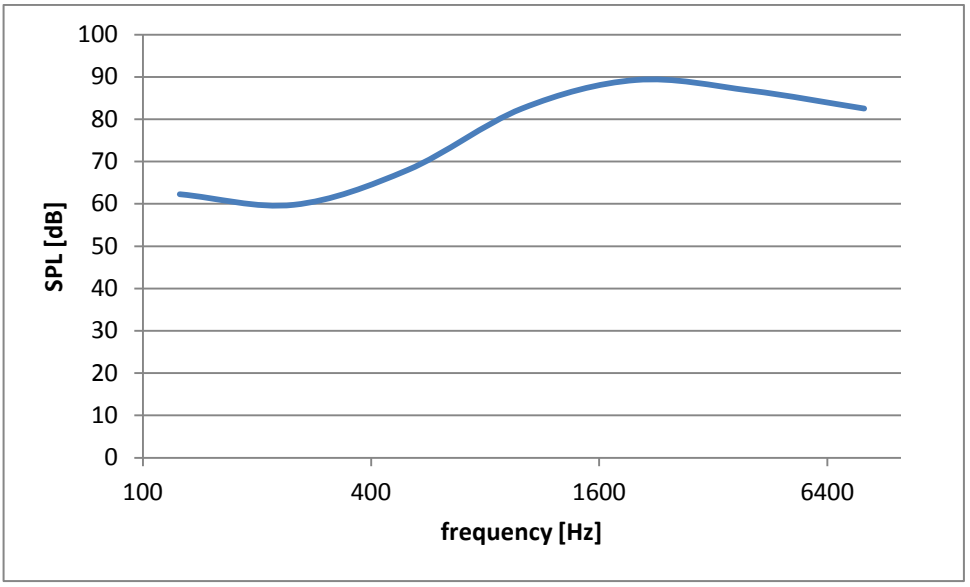
جدول ۳-۱- نتایج اندازه گیری طیفی نویز

	SPL(f)				
frequency [Hz]	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	...
۱۲۵	٦۹,٥	٦۰,٥	٥۹	٦۰	
۲٥۰	٦٥	٥٤	٥۷	٦۳	
٥۰۰	٦۸	٦۲	۷۲	۷۰	
۱۰۰۰	۷۸	۷٥	۸٦	۹۱	
۲۰۰۰	۸۸	۸۱	۹۳	۹٥	
٤۰۰۰	۸۲	۸۳	۹۲	۹۰	
۸۰۰۰	۷٤	۸۰	۹۱	۸٥	
Leq	۹٥,۲	۹٤,۸	۱۰۳,۱	۱۰۲	

با استفاده از روش ساده متوسط‌گیری فرض می‌کنیم مقدار تراز فشار صوتی ایستگاه جدید در هر فرکانس برابر مقدار متوسط بدست آمده از چهار ایستگاه موجود مطابق جدول زیر باشد.

frequency [Hz]	۱۲٥	۲٥۰	٥۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	٤۰۰۰	۸۰۰۰
SPL(f) average [dB]	٦۲,۲٥	٥۹,۷٥	٦۸	۸۲,٥	۸۹,۲٥	۸٦,۷٥	۸۲,٥

بدین ترتیب مقادیر طیفی نویز ایستگاه جدید با یک روش بسیار ساده مطابق شکل ۳-۱ تخمین زده شد. لازم به توضیح است نمودار شکل ۱ صرفا یک مثال بوده و قابل استناد نمی‌باشد.



شکل ۳-۱- تراز فشار صوت پیش بینی شده بر حسب فرکانس درون ایستگاه برای تراز ۹۶,۴۵ دسی بل

مقدار کلی تراز فشار صوت SPL_Total مطابق رابطه ۳-۱ (مشابه رابطه پ-۱-۱) با مقادیر طیفی تراز فشار صوت SPL_i ارتباط دارد. شمارنده i مربوط به فرکانس iام می‌باشد و از فرکانس اول تا فرکانس هفتم مقدار SPL_i از جدول فوق خوانده می‌شود

$$SPL_Total = 20Log_{10}\sum_{i}^{n}10^{SPL_i/20} \qquad (۱-۳)$$

و SPL_Total = 98.3 بدست می‌آید که از مقدار تخمینی روش والتک ۲ دسی‌بل بیشتر است.

از روشهایی مانند روش سیبلد نیز می‌توان توزیع طیفی و معادل نویز ایستگاه را تخمین زد.

گام پنجم (انتخاب راهکارهای کنترل نویز):

پیشنهاد اولیه نصب صداگیر در مسیر بر روی ۲ رن در ایستگاه است. نویز خارج شده از اتاقک در شرایط استفاده از صداگیر و بدون استفاده از صداگیر مقایسه می‌گردد. با توجه به شکل پ-۳-۱مشاهده می‌گردد فرکانس قالب در ایستگاه تقلیل فشار ۲ کیلوهرتز می‌باشد لذا محاسبات در این فرکانس انجام شده است.

- **استفاده از دیوار آجری**
- **درب فولادی دو میلیمتری**
- **سقف ایرانیت**
- **ابعاد اتاق ۶×۱۲,۵×۵متر**
- **ابعاد درب۲,۳×۲,۵ متر(ضلع غربی ایستگاه)**
- **وجود m^2 ۲,۴ درز در وجه شرقی ایستگاه**
- **وجود$m^2$۱,۴ درز و فضای خالی در وجه غربی ایستگاه**
- **عدم استفاده از دریچه آکوستیک**

گام ششم (محاسبه خواص آکوستیکی اتاق ایستگاه و محاسبه نویز در چهار طرف ایستگاه):

مصالحی که در ساختمان ایستگاه استفاده شده دیوار آجری ۳۵ سانتیمتری و درب آهنی به ضخامت ۲ میلیمتر می-باشد (لازم به ذکر است ایستگاه موجود و در حال بهره برداری بوده‌است). رده عبور صوت آنها مطابق جدول پ-۳-۱ به ترتیب ۶۰ و ۳۳ خواهد بود.

جدول ۳-۲ – رده عبور صوت برای برخی از مصالح ساختمانی

نام مواد	رده عبور صوت (STC)
دیوار آجری ۳۵ سانتیمتری	٦٠
درب آهنی به ضخامت ۲ میلیمتر	٣٣

رابطه (۳-۲) بیان کننده رابطه بین ضریب عبور مواد و اتلاف عبور آنها می‌باشد. ضریب عبور روزنه بستگی به موقعیت آن نسبت به نقطه دریافت صوت دارد که مرجع مقادیر زیر را پیشنهاد داده است.

جدول ۳-۳ – ضریب عبور صوت از روزنه

موقعیت روزنه	ضریب عبور (a_t)
روبرو	۱
کنار یا بالا	۰,۳۳
پشت	۰,۱۶۷

$$a_t = 10^{-TL/10} \qquad (۳-۲)$$

بنابراین

نام مواد	ضریب عبور (a_t)
دیوار آجری ۳۵ سانتیمتری	۰,۰۰۰۰۰۱
درب آهنی به ضخامت ۲ میلیمتر	۰,۰۰۰۵

ضریب جذب مواد (دیوار آجری و درب آهنی) مطابق جدول زیر به شکل طیفی معرفی می‌شود.

ضریب جذب طیفی و متوسط مصالح

فرکانس (هرتز) / نام مواد	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	ضریب جذب متوسط (a)
دیوار آجری	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۵	۰,۷	۰,۰۴۲
درب آهنی	۰,۹	۰,۸	۰,۶	۰,۳۵	۰,۲	۰,۱۵	۰,۵
هوا							۰

بخشی از توان صوتی که داخل ساختمان ایستگاه تولید می‌شود (W) از دیوارهای ساختمان عبور کرده و در بیرون ساختمان شنیده می‌شود (W_{out}). نسبت بین این دو توان با رابطه (۳-۳) بیان می‌شود. این نسبت به ضریب جذب، ضریب عبور صوت و سطح عبور بستگی دارد. نسبت توان صوتی برای هر چهار وجه جداگانه نوشته می‌شود. شرایط عبور برای سه حالت دیوار، درب و درز محاسبه می‌شود.

$$W/W_{out} = 1 + \sum S_j a_j / \sum S_j a_{tj} \quad j = 1 \text{ to } 3 \qquad (۳-۳)$$

مساحت سطح عبور در چهار جهت شرق، غرب، شمال و جنوب ساختمان عبارتند از:

مساحت (متر مربع)	شرق	غرب	شمال	جنوب
دیوار	٦٠	٥٤,٢٥	٣٠	٣٠
درب	٠	٥,٧٥	٠	٠
درز	٢,٤	١,٤	٠	٠

نویز تخمینی در یک متری رگولاتور ۹۶,۴۵ دسی‌بل تخمین زده شد که این مقدار تراز فشار صوت L_p می‌باشد در حالی که برای ادامه محاسبات نیاز به مقدار تراز توان صوت L_W می‌باشد. رابطه (پ-۳-۴) ارتباط بین تراز توان و تراز فشار صوت را بیان می‌کند.

$$L_w = L_p + |10 \log_{10} (4/R + Q/(4\pi r^2))| \qquad (۴-۳)$$

این رابطه برای حالتی که انتشار صوت کروی در نظر گرفته شود و فاصله از منبع صوت یک متر باشد به شکل زیر ساده می‌شود.

$$L_w = L_p + 11[dB]$$

شکل لگاریتمی این نسبت را اتلاف الحاقی می‌نامند و به شکل رابطه (پ-۳-۵) بیان می‌شود.

$$IL = 10 \log_{10} (W/W_{out}) \qquad (۵-۳)$$

همین طور ارتباط بین تراز توان صوت بیرون و داخل ساختمان با رابطه (پ-۳-۶) بیان می‌شود.

$$L_{W,out} = L_{W,in} - IL \qquad (۶-۳)$$

رابطه (۳-۴) برای حالتی که انتشار صوت کروی در نظر گرفته شود و فاصله از منبع صوت ۷ متر باشد به شکل زیر ساده می‌شود.

$$L_w = L_p + 27.9[dB]$$

بنابراین

	شرق	غرب	شمال	جنوب
Lw_{in}	١٠٧,٤٥	١٠٧,٤٥	١٠٧,٤٥	١٠٧,٤٥
w/w_{out}	٤,١٦	١٢	٤١٦٦٨	٤١٦٦٨
IL	٦,٢	١٠,٨	٤٦,٢	٤٦,٢
Lw_{out}	١٠١,٢٥	٩٦,٦٥	٦١,٢٥	٦١,٢٥
Lp_{out} **در فاصله ۷متری (مرز حریم ایستگاه)**	٧٣,٣٥	٦٨,٧٥	٣٣,٣٥	٣٣,٣٥

گام هفتم (آیا مقدار نویز ایستگاه در حد مجاز است؟):

با توجه به تراز صوت بالا در داخل اتاق ایستگاه و برآورده نشدن استاندارد نویز شغلی در داخل ایستگاه استفاده از صداگیر درون خط بعد از رگولاتور پیشنهاد می‌گردد. پس از نصب صداگیر تراز صوت محاسبه شده در داخل ایستگاه ۸۲,۵ دسی‌بل می‌باشد. مقادیر کاهش نویز در وجوه مختلف و خارج از اتاق ایستگاه مشابه گام ششم محاسبه می‌شود.

	شرق	غرب	شمال	جنوب
Lw_{in}	۹۳,٤٥	۹۳,٤٥	۹۳,٤٥	۹۳,٤٥
w/w_{out}	٤,١٦	١٢	٤١٦٦٨	٤١٦٦٨
IL	٦,٢	١٠,٨	٤٦,٢	٤٦,٢
Lw_{out}	٨٧,٣	٨٢,٧	٤٧,٣	٤٧,٣
Lp_{out} **در فاصله ۷متری (مرز حریم ایستگاه)**	٥٩,٤	٥٤,٨	١٩,٤	١٩,٤

گرچه راهکار مکانیکی نصب صداگیر کفایت می‌کند اما به دلیل اینکه در اینجا الگوی محاسباتی ارائه می‌شود راهکار اصلاح ساختمان ایستگاه نیز بررسی می‌شود. با توجه به اینکه فضای باز بین سقف و دیوار در انتشار نویز موثر می‌باشد در دومین تکرار، اثر دریچه آکوستیکی در کاهش نویز بررسی می‌گردد.

شرایط ایستگاه:

- **استفاده از دیوار آجری**
- **درب فولادی دو میلیمتری**
- **سقف ایرانیت**
- **ابعاد اتاق ۶×۱۲,۵×۵ متر**
- **ابعاد درب۲,۳×۲,۵ متر(ضلع غربی ایستگاه)**
- **وجود m^2 ۲,۴ درز در وجه شرقی ایستگاه**
- **وجود$m^2$۱,۴ درز و فضای خالی در وجه غربی ایستگاه**
- **استفاده از دریچه آکوستیک**

محاسبات مشابه قبل تکرار می‌شود. در اینجا تنها دریچه آکوستیکی جایگزین درز شده و ضریب جذب و عبور صوت برای آن قرار داده می‌شود (شکل ۳-۲).

گام هشتم:

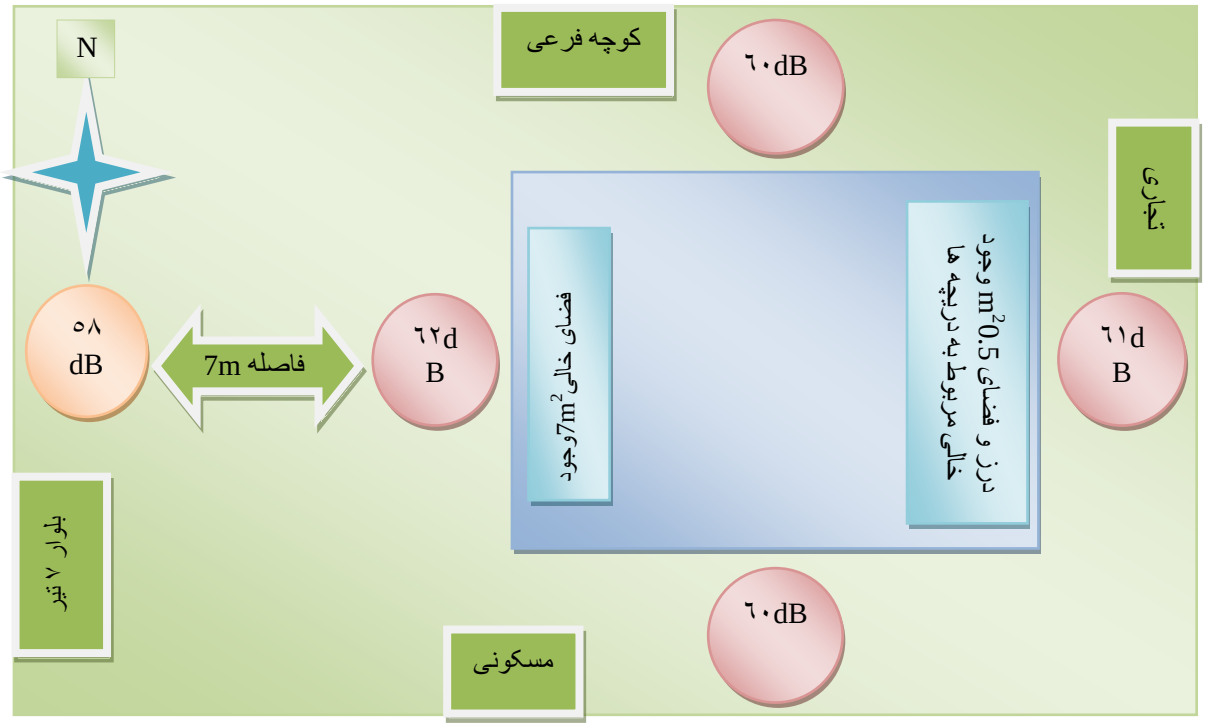
با توجه به بانک اطلاعات قیمت‌ها، هزینه اجرای هر یک از راهکارهای مکانیکی و ساختمانی و یا ترکیب آنها برآورد و به کارفرما گزارش می‌شود.

گام نهم (آیا طرح آکوستیکی ایستگاه توجیه اقتصادی دارد؟)

تصمیم نهایی برای انتخاب یک راهکار بر عهده کارفرما می‌باشد.

گام دهم(معرفی ساختار نهایی طرح آکوستیکی ایستگاه):

نقشه‌های اجرایی راهکارهای آکوستیکی مکانیکی و ساختمانی ایستگاه تهیه و به تایید کارفرما می‌رسد.

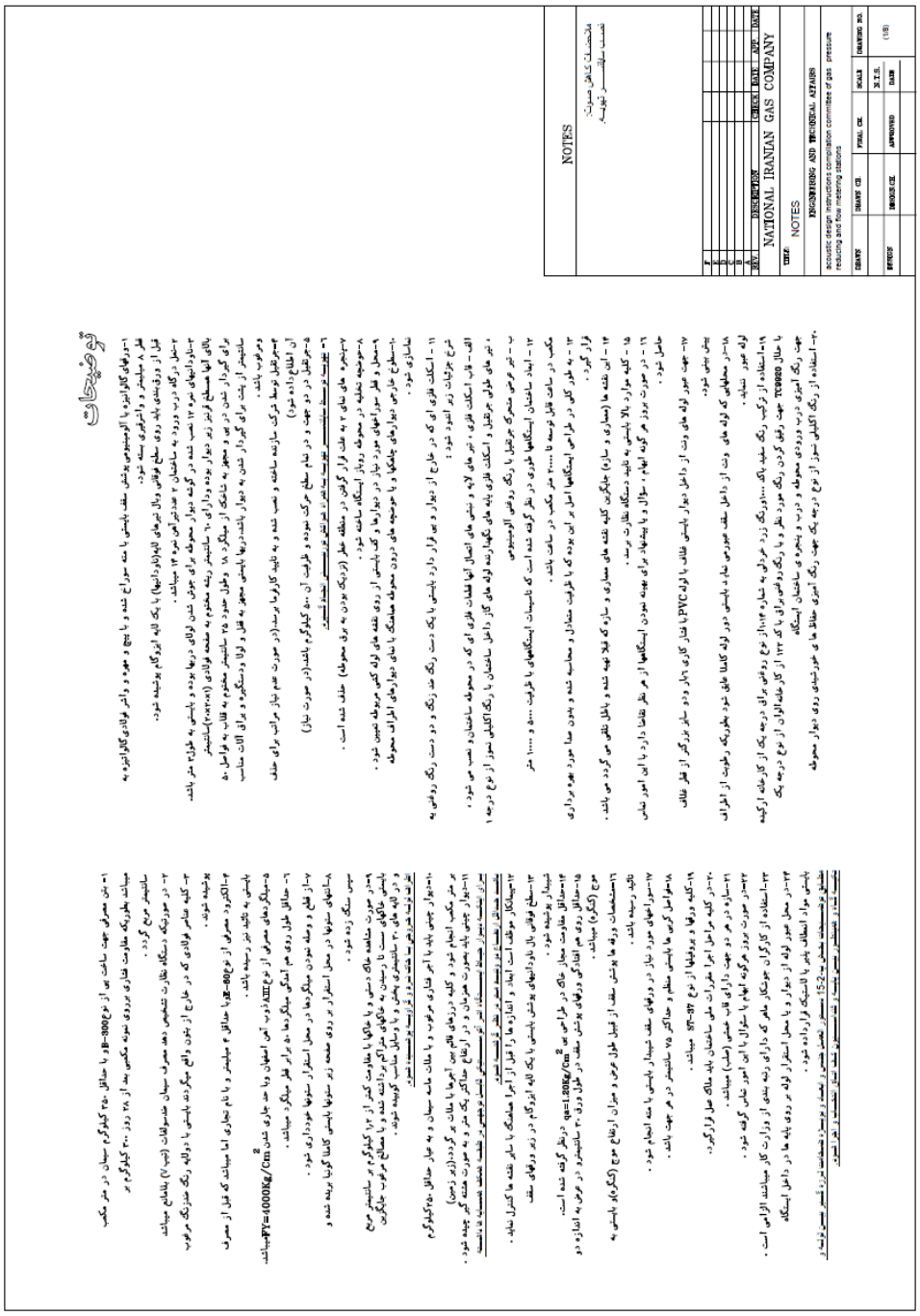


شکل ۳-۲ : تخمین نویز در مرزهای ایستگاه نمونه با ارائه راهکارهای مکانیکی و ساختمانی

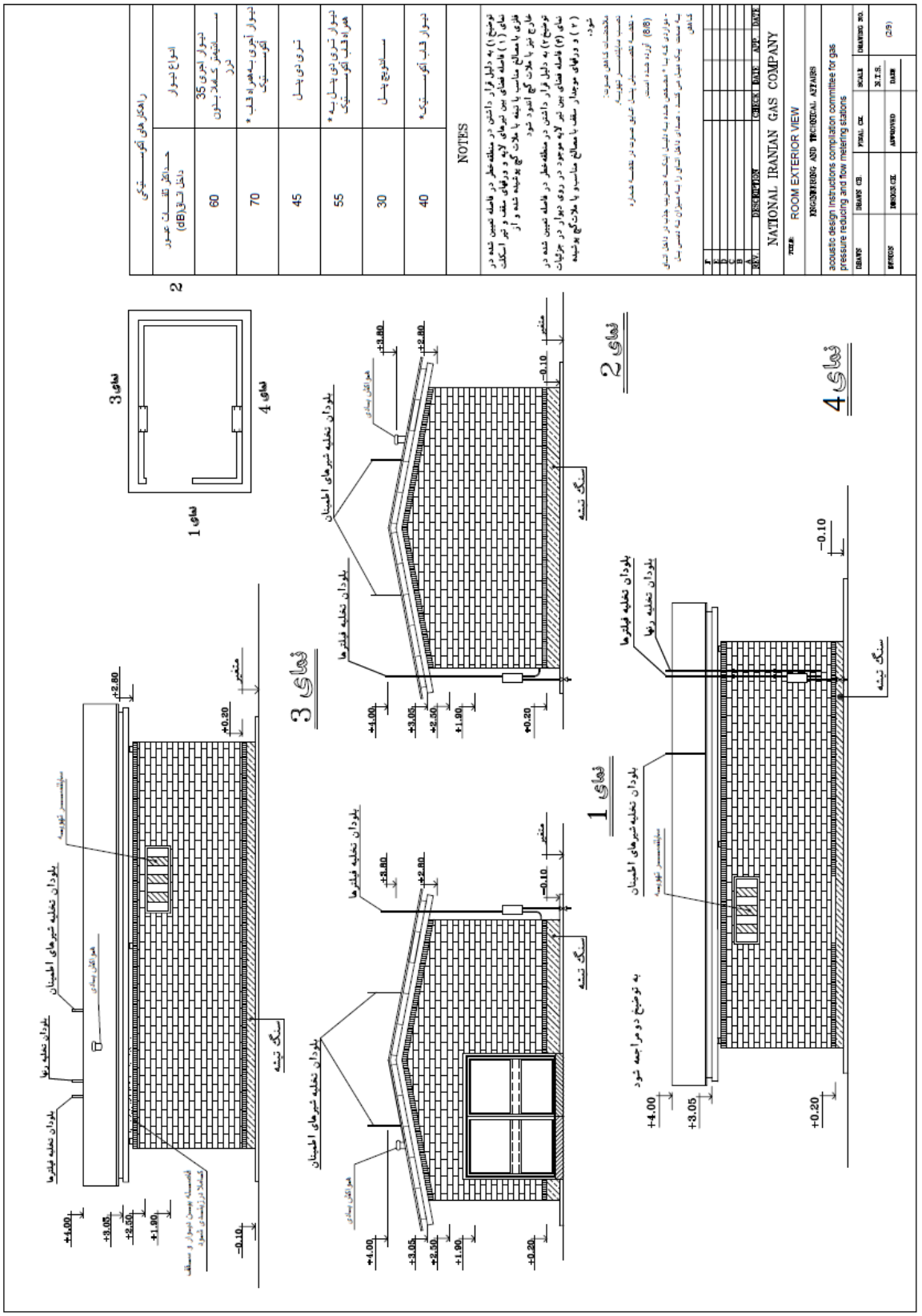
پیوست ۴– نقشه‌های آکوستیکی ایستگاه

بخشی از راهکارهای آکوستیکی ساختمانی به نقشه‌های تیپ ایستگاه اضافه شده که در توضیح هرنقشه به آن اشاره شده است.

در صورت ابلاغ رسمی هرگونه دستورالعمل یا استاندارد جدید ساختمانی ایستگاه تقلیل فشار و اندازه‌گیری گاز لازم است راهکارهای آکوستیکی ساختمانی این دستورالعمل با آن تطبیق و متناسب با آن اصلاح شود.

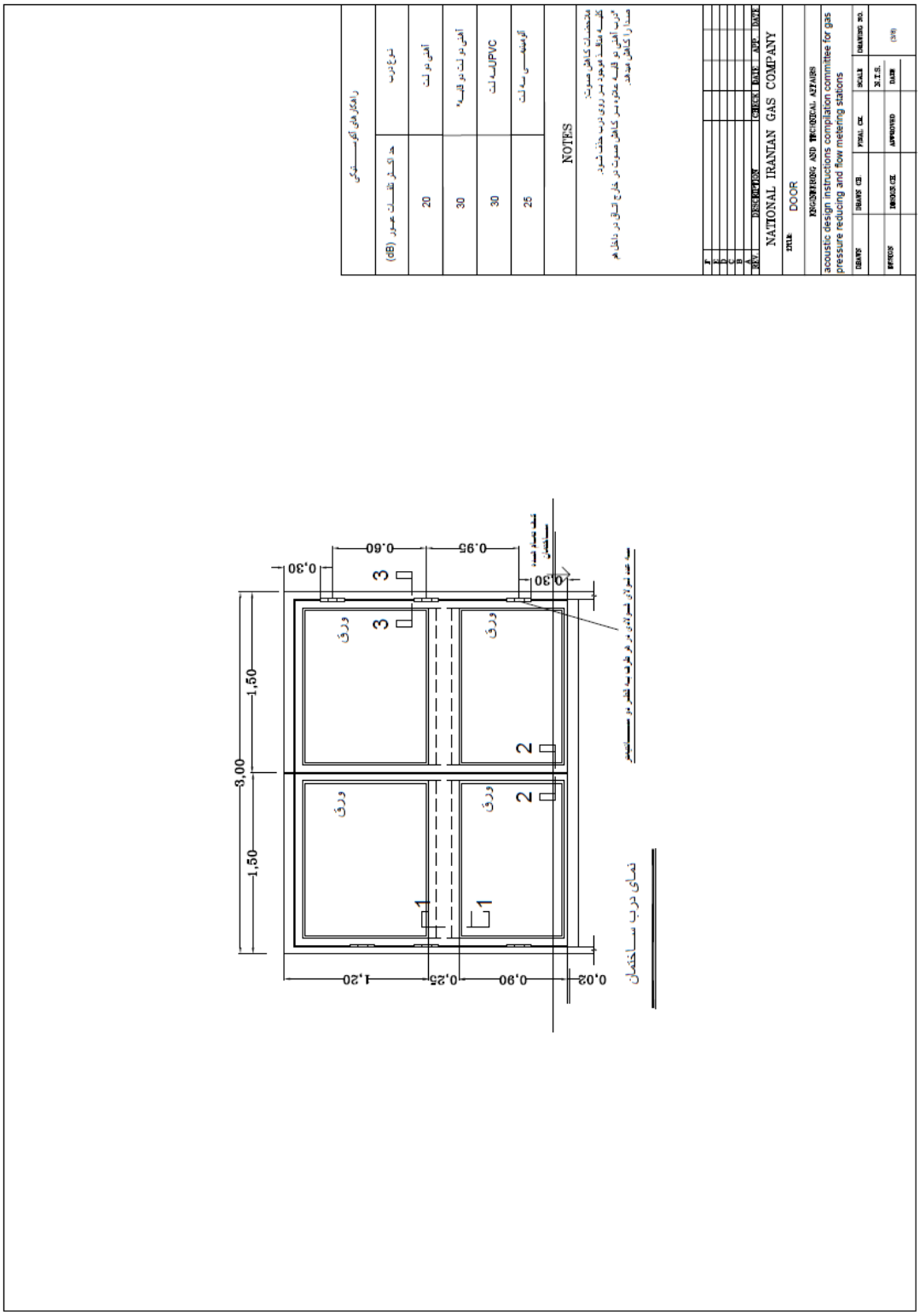


نقشه ۴-۱ توضیحاتی که زیر آن خط کشیده شده با توجه به ملاحظات آکوستیکی می‌باشد

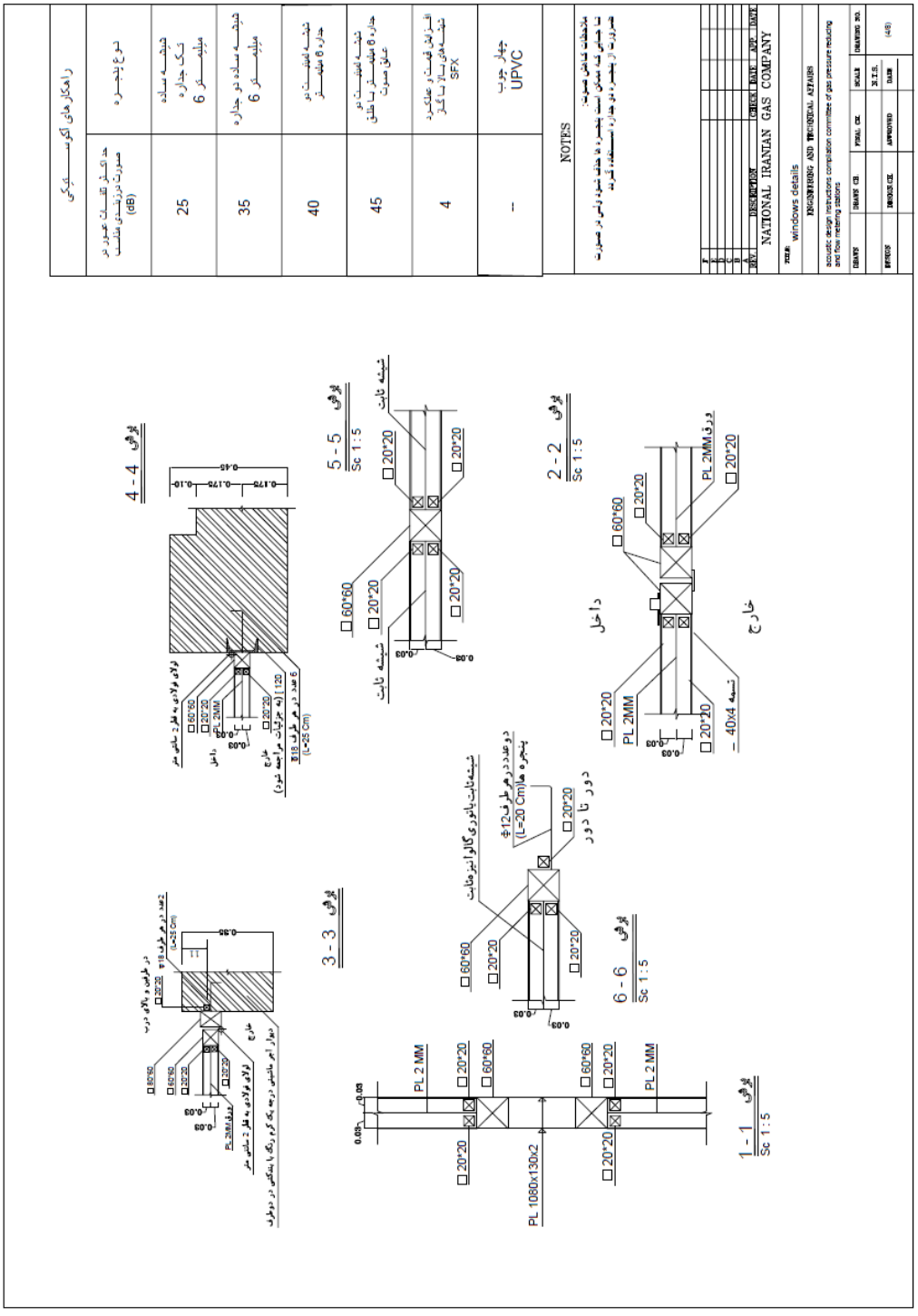


نقشه

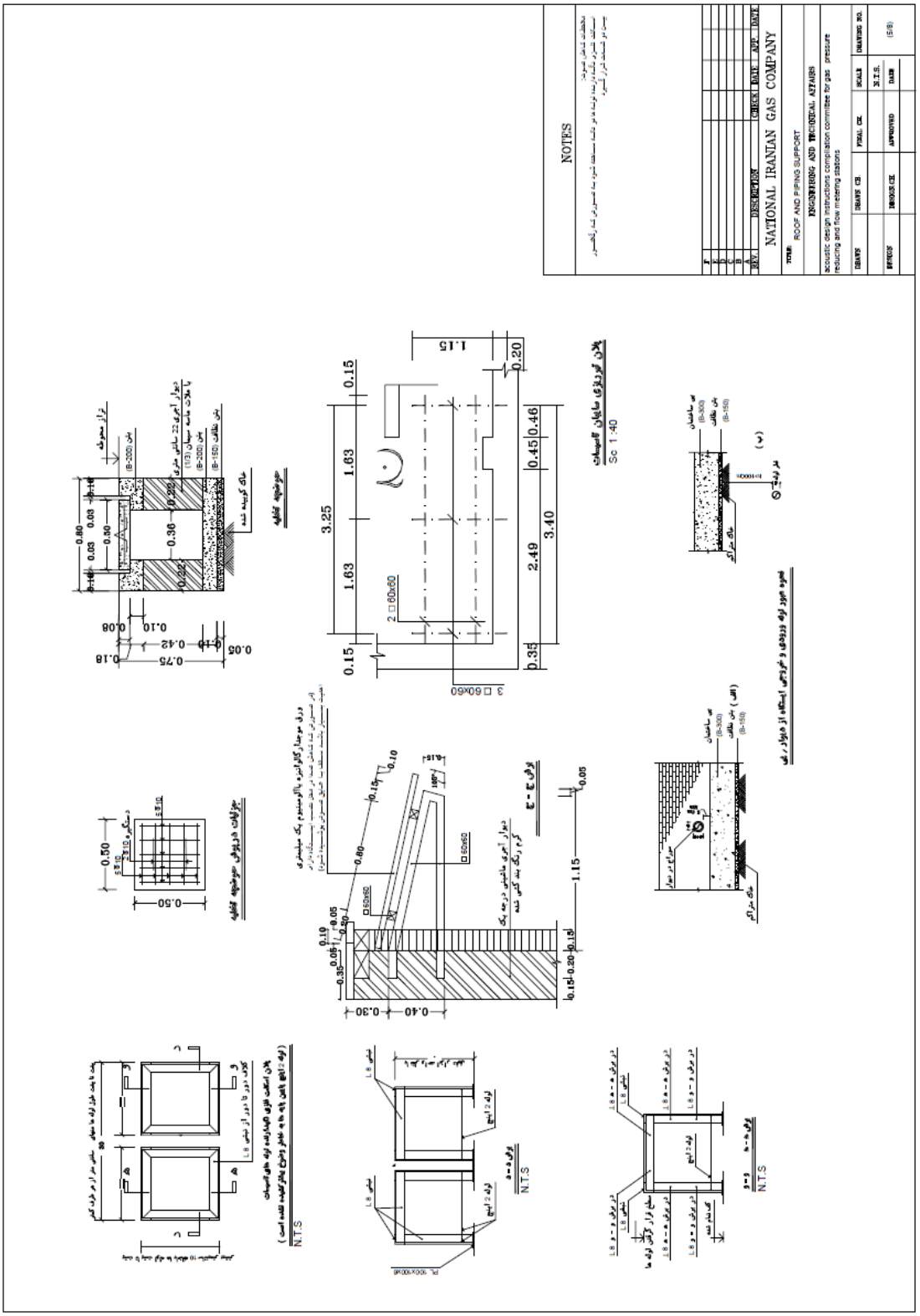
۴-۲ انواع ساختار پیشنهادی دیوارهای ساختمان ایستگاه



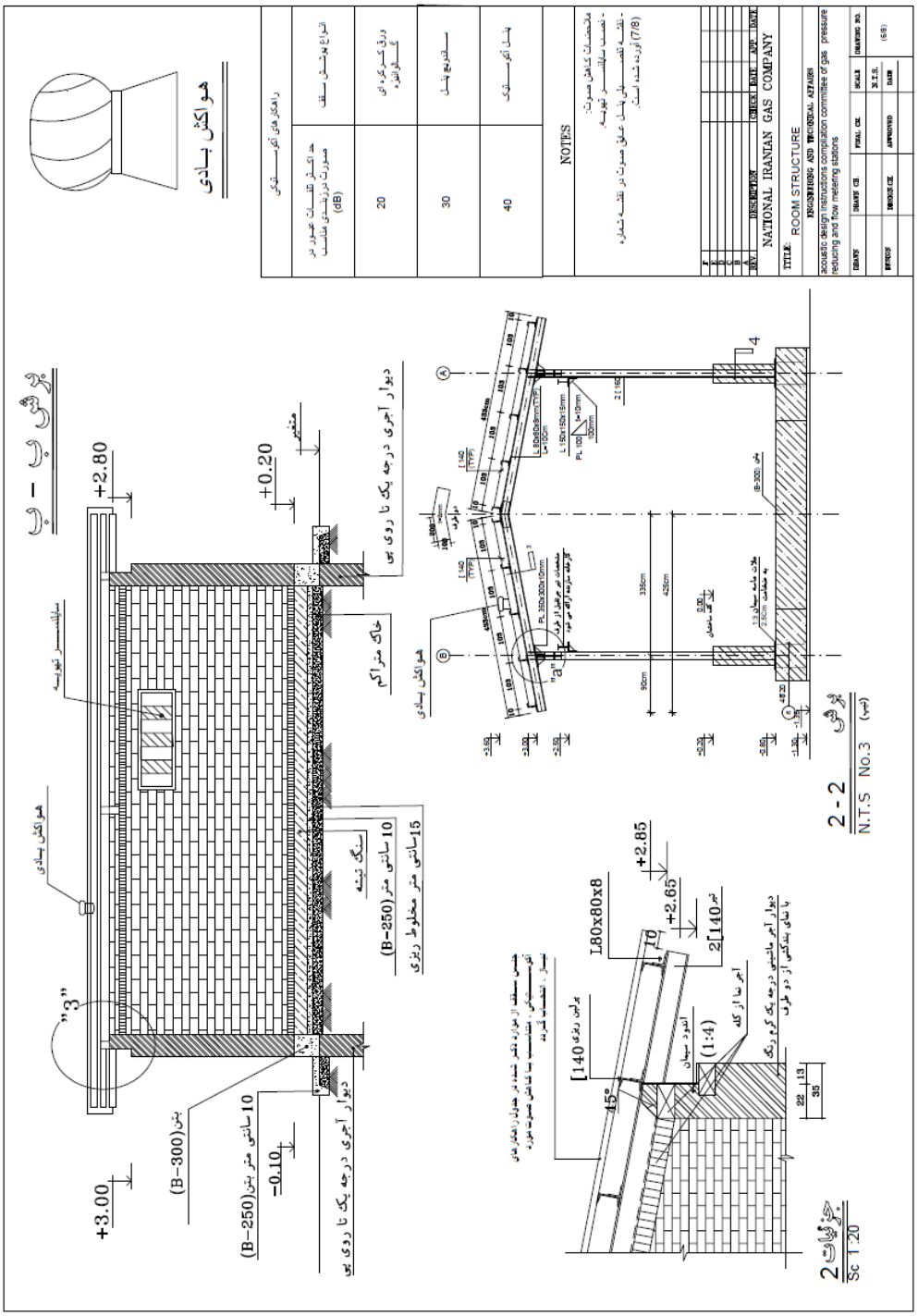
نقشه ۴-۳ اعمال راهکار آکوستیکی روی درب ساختمان



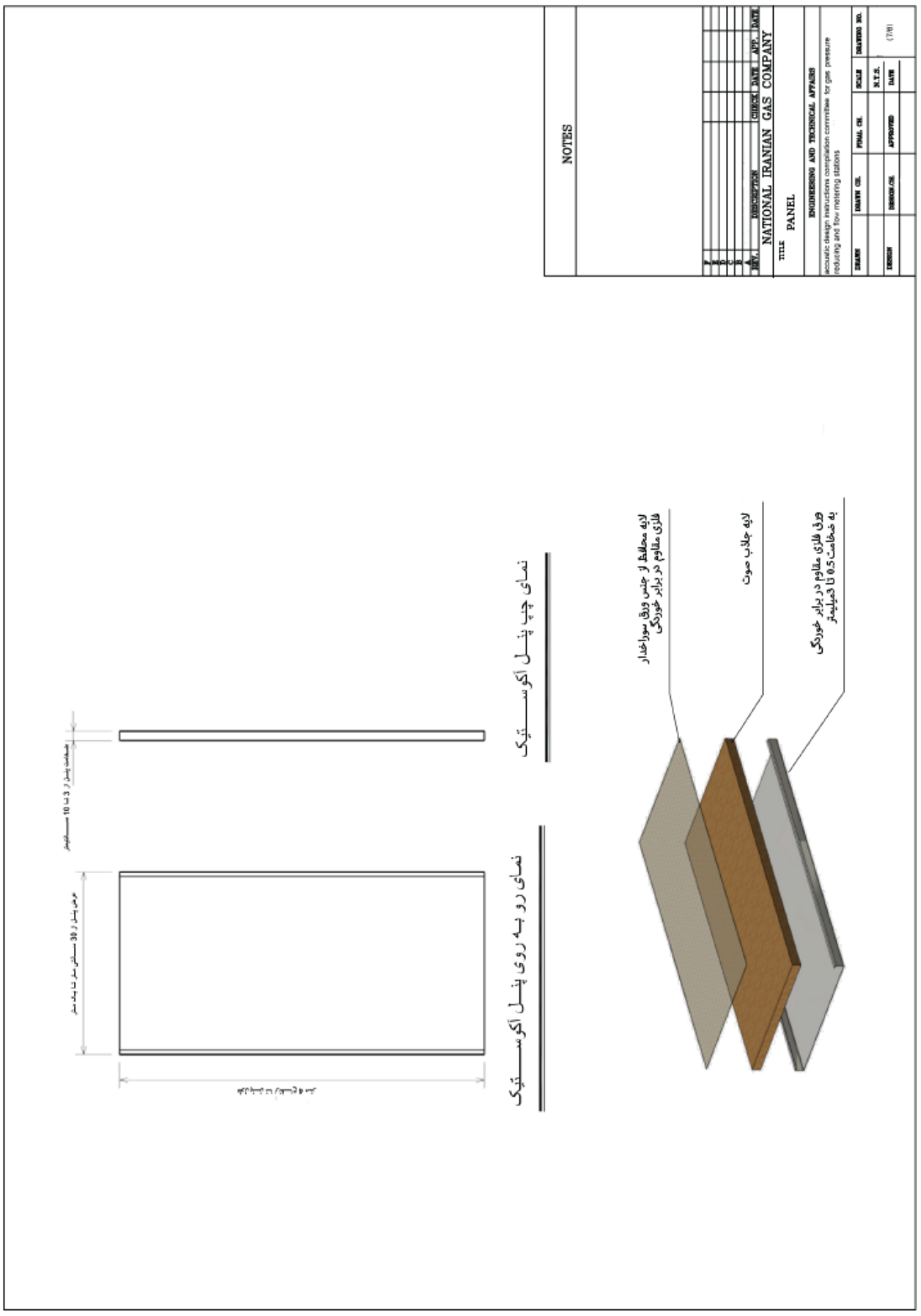
نقشه ۴-۴ اعمال راهکار آکوستیکی در پنجره آکوستیکی



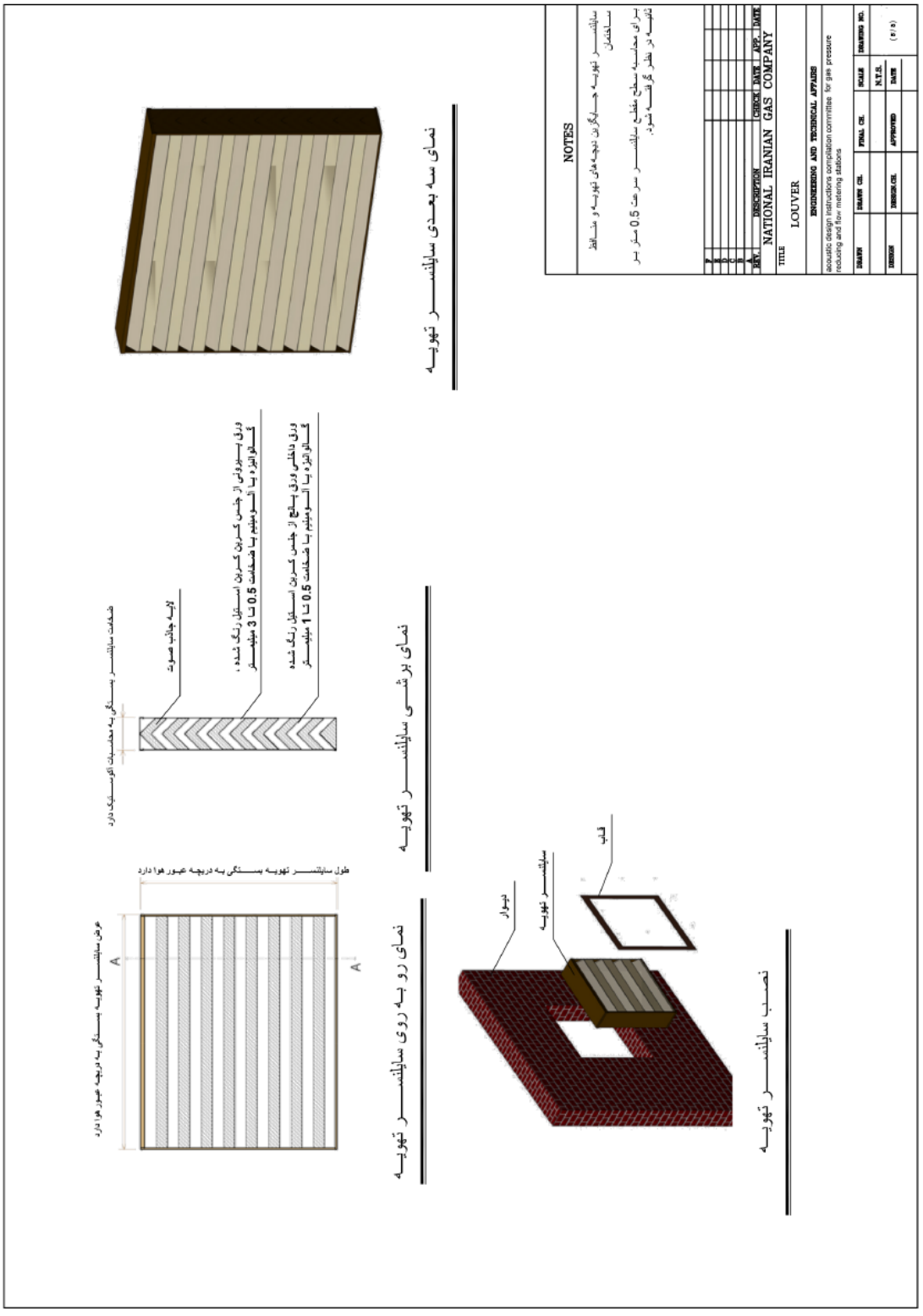
نقشه ۴-۵ دوپارچه کردن سازه نگهدارنده تجهیزات مکانیکی ایستگاه



نقشه ۴-۶ ملاحظات آکوستیکی در سقف ساختمان ایستگاه



نقشه ۴-۷ پانل آکوستیکی مورد استفاده در دیوارهای ایستگاه



نقشه ۴-۸ استفاده از تهویه آکوستیکی (سایلنسر تهویه) به جای منافذ و مجرای تهویه معمولی

پیوست ۵ – روش اندازه‌گیری صوت (نویز) در ایستگاه و استانداردهای آن

برای اندازه‌گیری صوت منتشر شده از یک منبع در محیط آزاد به وسیله میکروفون اصول زیر را باید رعایت کرد.
ارتفاع نصب میکروفون باید بین ۱,۲ تا ۱,۵ متربالاتر از سطح زمین باشد.
برای اندازه‌گیری تراز توان صوت باید فاصله از منبع صوت ۱ متر باشد.
قبل از هرگونه اندازه‌گیری، ابزار اندازه‌گیری باید کالیبره شود.
تمام اندازه‌گیری‌ها باید در ظرفیت نامی خط انجام شود.
نویز پس زمینه (محیط اطراف) همانطور که در BS 4142:1997 تعریف شده است اندازه‌گیری و محاسبه می‌گردد. در صورتی که اختلاف نویز فشار و پس زمینه کمتر از ۱۰ دسیبل باشد اصلاحات نویز پس زمینه باید مطابق استاندارد ISO 11820:1996 در محاسبات در نظر گرفته شود. مطابق این استاندارد در زمان اندازه‌گیری تراز فشار نویز اندازه‌گیری شده نباید کمتر از ۳ دسی‌بل از نویز پس زمینه بیشتر باشد.
تمام اندازه‌گیری‌ها باید در نقطه دریافت کننده انجام شود.
در زمان اندازه‌گیری صدا بین ابزار اندازه‌گیری و خط نباید هیچ گونه جاذب و مانع اثر گذار بر صدا وجود داشته باشد.
در هنگام اندازه‌گیری، در فاصله ۱ متری پشت نقطه دریافت نباید هیچ سطح یا جسم منعکس کننده صدا وجود داشته باشد.
در زمان اندازه‌گیری تراز صوت هر خط نباید سایر خطوط ایستگاه تحت بارگذاری باشد.
اندازه‌گیری‌های تراز فشار صوت در پهنای فرکانسی هشتایی (اکتاو) محدوده شنوایی ۶۳ هرتز تا ۸ کیلو هرتز با مرکز فرکانس ۶۳، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز و در صورت امکان یک سوم هشتایی انجام شود.
برای اطمینان از تکرار پذیر بودن نتایج اندازه‌گیری زمان اندازه‌گیری باید به اندازه کافی طولانی باشد این اطمینان وقتی حاصل می‌شود که مقدار تراز فشار اندازه‌گیری شده LAeq تغییراتی کمتر از ۱ دسی‌بل در مدت ثبت داده‌ها داشته باشد.
گزارش نهایی تراز فشار صوت (SPL) باید به شکل LAeq (زمان اندازه‌گیری شده) باشد.
در شرایط آب و هوایی که وزش باد وجود دارد باید در اندازه‌گیری از میکروفون با پوشش مناسب خنثی کننده اثر وزش باد استفاده شود. پوشش ضد وزش باد از مواد متخلخل پلیمری انعطاف‌پذیر ساخته می‌شود و روی میکروفون قرار می‌گیرد. این پوشش اثر ناچیزی بر نویز دریافتی از منبع صدا دارد اما اثر باد را خنثی می‌کند.
الزامات تمام ابزارهای اندازه‌گیری صدا باید با استاندارد ISO 11820:1996 مطابقت داشته باشد مگر الزامات ویژه‌ای که در آن صورت ویژگی آن به طور روشن بیان شود.
تامین کننده باید عملکرد آکوستیکی هر خط را در بار کامل در ایستگاه گزارش کند. اندازه‌گیری نرخ جریان و فشار در بالادست رگولاتور در هرجا که ممکن است قبل و بعد از نصب سایلنسر انجام شود. این اندازه‌گیری‌ها مطابق آنچه در بندهای قبل گفته شد انجام می‌پذیرد. داده‌های آزمون باید با آنچه با کارفرما توافق شده هم‌خوانی داشته باشد.
برای تایید ایستگاه تقلیل فشار از نظر آکوستیکی باید تراز فشار صوت در ۵ نقطه در داخل ایستگاه، فاصله شعاعی یک متری رگولاتور و همچنین ۴ گوشه داخل ساختمان مطابق شکل پ-۵-۱، اندازه‌گیری شده و میانگین آن کمتر از مقدار

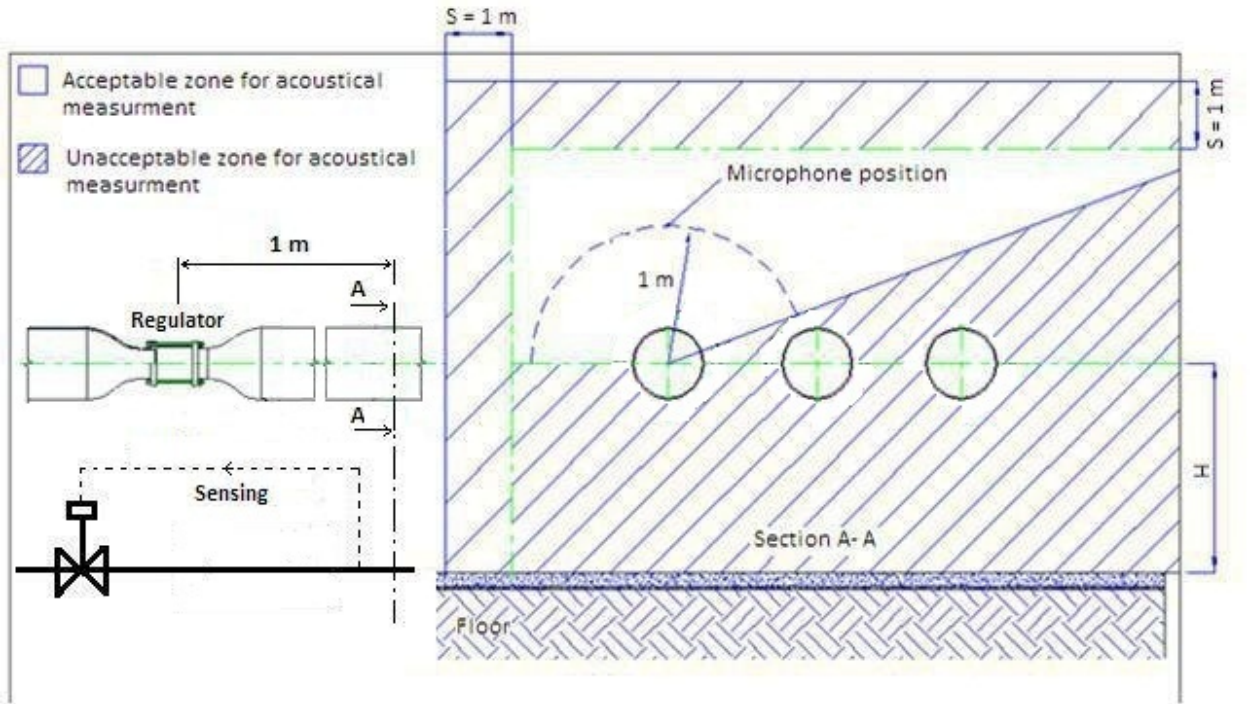
مجاز برای ۸ ساعت حضور یک فرد در داخل ایستگاه باشد (۸۵ دسی‌بل). برای تخمین شدت صوت در شرایط بار کامل ایستگاه هنگامی که اندازه‌گیری در فصل گرم و کم بار انجام پذیرد می‌بایستی صدای یک خط (رن) با شرایط بار نامی

اندازه‌گیری و سپس ۳ الی ۵ دسی‌بل به مقدار آن اضافه شود تا میزان صدای تولیدی در شرایط بار کامل به طور تقریبی تعیین گردد. در صورتی که شرایط بهره‌برداری از یک خط (رن) در بار نامی وجود نداشته باشد ایستگاه به طور موقت تحویل گرفته شده و در اولین فرصت مناسب که امکان اندازه‌گیری وجود داشته باشد عملکرد آکوستیکی ایستگاه برای تحویل نهایی توسط امور HSE اندازه‌گیری و بررسی می‌گردد.

با توجه به مکان قرارگیری ایستگاه تقلیل فشار،اندازه‌گیری تراز فشار صوت می‌بایستی در مرز محوطه ایستگاه و در ۴ وجه آن انجام شود. مقادیر اندازه‌گیری شده با توجه به محدودیت‌های قانونی مناطق مختلف باید کمتر از مقادیر ارائه شده در جدول ۱ باشد.

۵-۱ استانداردهای ابزار و کالیبراسیون

برای اندازه‌گیری صوت می‌توان از ابزارهای متفاوت اندازه‌گیری صوت استفاده کرد. دستگاه‌های اندازه‌گیری نویز در ایستگاه تقلیل فشار باید مطابق با استاندارد BS EN 60651:1994 یا ANSI S1.4:1983 و یا IEC 61672-1: 2003 انتخاب شود. دستگاه‌ها و ابزاری که برای اندازه‌گیری صوت در ایستگاه استفاده می‌گردد باید طبق راهنمای بهره‌برداری شرکت سازنده و توسط مراجع معتبر کالیبره شده باشد.



شکل ۵-۱ موقعیت میکروفون اندازه‌گیری تراز فشار صوت در کنار خط لوله گاز و گوشه‌های داخل ساختمان ایستگاه