جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# مقررات تهویه معدن

نشریه شماره ۳۵۰


معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و

کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

وزارت صنایع و معادن

معاونت امور معادن

دفتر نظارت و ایمنی معادن



انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۵/۰۰/۱۶۹

۱۳۸۵

**فهرست‌برگه**

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

**مقررات تهویه معدن**/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن، دفتر نظارت و ایمنی معادن.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۵.

۸۱ ص.: مصور، جدول، نمودار.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۵۰) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۵/۰۰/۱۶۹)

ISBN 978-964-425-900-5

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۰/۱۶۹۱۹۹ مورخ ۱۳۸۵/۱۰/۱۱

کتابنامه: ص. ۷۹-۸۱

۱. معدن و ذخایر معدنی - تهویه — دستنامه‌ها. ۲. معدن و ذخایر معدنی — تهویه — قوانین و مقررات. الف. ایران. وزارت صنایع و معادن. دفتر نظارت و ایمنی معادن. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۵ ش. ۳۵۰ ۲۴ س/ ۳۶۸ TA

شابک ۵-۹۰۰ - ۴۲۵-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964-425-900-5

**مقررات تهویه معدن**

تهیه‌کننده: معاونت امور فنی. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۷۰۰ نسخه

قیمت: ۱۱۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۵

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

**همه حقوق برای ناشر محفوظ است.**

بسمه تعالی

**ریاست جمهوری**
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

| | |
|---|---|
| بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران | شماره: ۱۰۰/ ۱۷۹۱۹۹ |
| | تاریخ: ۸۵/۱۰/۱۱ |

موضوع:
مقررات تهویه معدن

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران به پیوست نشریه شماره ۳۵۰ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**مقررات تهویه معدن**» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، جایگزین کنند.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، ارسال دارند.

امیرمنصور برقعی
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

# اصلاح مدارک فنی

## خواننده گرامی:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

***نشانی برای مکاتبه:*** تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷

**http://tec.mporg.ir**

**بسمه تعالی**

## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یاد شده و منابع سرشار معدنی ایران و لزوم استفاده بهینه، معاونت امور معادن (دفتر نظارت و ایمنی) وزارت صنایع و معادن در قالب برنامه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای معدن با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امورفنی،تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی معدن نموده است.

استانداردهای مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است :

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها و واحدهای معدنی
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

در پایان لازم می‌دانم از کلیه اعضا شورای عالی تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای معدن، کمیته استخراج، همکاران دفتر امور نظارت و ایمنی معادن در وزارت صنایع و معادن به ویژه **جناب آقای مهندس شمس الدین سیاسی راد** و **جناب آقای مهندس عبدالرسول زارعی** همچنین کارشناسان سازمان مدیریت وبرنامه‌ریزی کشور **خانم مهندس فرزانه آقارمضانعلی** از دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، **آقای مهندس عبدالعلی حقیقی** و **خانم مهندس اشرف خیاط آذری** از دفتر امور صنایع و معادن تشکر و قدردانی نمایم.

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این نشریه، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

**حبیب امین‌فر- معاون امور فنی**

**پاییز ۱۳۸۵**

## ترکیب اعضای کارگروه تهیه کننده:

این مجموعه از واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج مواد معدنی با همکاری کارگروه تخصصی استخراج به صورت اولیه تهیه شده و توسط کارگروه تنظیم و تدوین آماده شده است.

### مجری طرح

| | |
|---|---|
| مهندس وجیه اله جعفری | وزارت صنایع و معادن |

### اعضای کارگروه استخراج

| | |
|---|---|
| آقای مهدی صفرزاده | کارشناس ارشد مهندسی معدن |
| آقای مهدی عامری | کارشناس ارشد مهندسی معدن |
| آقای حسن مدنی | کارشناس ارشد مهندسی معدن-عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| آقای هرمز ناصرنیا | کارشناس ارشد مهندسی معدن- معاونت فنی سازمان نظام مهندسی معدن |

### اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

| | |
|---|---|
| آقای مهدی ایران نژاد | دکترای مهندسی فراوری مواد معدنی-دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| آقای عبدالرسول زارعی | کارشناس ارشد زمین شناسی- وزارت صنایع و معادن |
| آقای مصطفی شریف زاده | دکترای مهندسی مکانیک سنگ- دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| آقای حسن مدنی | کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| آقای بهزاد مهرابی | دکترای زمین شناسی اقتصادی- دانشگاه تربیت معلم |

## به نام خدا

### مقدمه

اجرای تهویه صحیح از جمله مهمترین مسائل معادن زیرزمینی و به ویژه معادن زغال‌سنگ است. برای آنکه تهویه مناسبی انجام گیرد، باید دستورالعمل‌ها، ضوابط وراهنماهای جامعی در زمینه‌های مختلف آن وجود داشته باشد.

اگرچه برای بعضی از مسائل تهویه، ضوابط و دستورالعمل‌هایی وجود دارد اما دربسیاری موارد نیز هنوز دستورالعمل جامعی ارائه نشده است. در راستای دستیابی به این هدف و در اجرای برنامه تدوین ضوابط و معیارهای معدن، پروژه‌ای تحت عنوان«مقررات تهویه در معادن» در شورای‌عالی تدوین به تصویب رسید که نشریه حاضر حاصل اجرای این پروژه است. مجموعه‌ای که تحت عنوان مقررات تهویه تنظیم شده در دو جلد به شرح زیر تدوین شده است:

جلد اول شامل مقررات و دستورالعمل‌ها است و تنها دستورالعمل‌ها و راهنماها و ضوابط رادربردارد که به عنوان مرجع به آسانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و نشریه حاضر می‌باشد.

جلد دوم گزارش جامعی از دستورالعمل‌ها، ضوابط و معیارها را در بردارد و علاوه بر آن به بعضی مسائل دیگر نیز پرداخته شده است که اگرچه جنبه دستورالعمل ندارد ولی اطلاعات موجود در آن برای اجرای تهویه صحیح معادن ضروری است. این گزارش در دفتر برنامه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای معدن موجود می‌باشد.

منابع مورد استفاده در این نشریه در پایان آمده است و در متن گزارش نیز مرجع مورد استفاده با عددی در داخل [ ] مشخص شده که این عدد نشانگر شماره مرجع مورد استفاده در فهرست پایانی مراجع است.

## فهرست مطالب


**فصل اول - جمع‌آوری اطلاعات**

۱-۱- آشنایی ..... ۱

۱-۲- گردآوری مقررات موجود در کشور ..... ۱

۱-۲-۱- جدیدترین آئین‌نامه موجود ..... ۱

۱-۲-۲- قدیمی‌ترین آئین‌نامه موجود ..... ۱

۱-۲-۳- سایر آئین‌نامه‌ها ..... ۱

۱-۲-۴- کتابها ..... ۱

۱-۳- مقررات موجود در سایر کشورها ..... ۲

۱-۳-۱- مقررات تهویه در ایالات متحده آمریکا ..... ۳

۱-۳-۲- مقررات تهویه در روسیه ..... ۳

۱-۳-۳- مقررات تهویه در اسپانیا ..... ۳

۱-۴- بررسی کمبودها در زمینه مقررات موجود ..... ۳

**فصل دوم - آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مربوط به مشخصات هوا**

۲-۱- آشنایی ..... ۵

۲-۲- آئین‌نامه حد مجاز گازهای مختلف در معادن ..... ۵

۲-۲-۱- اکسیژن ($O_2$) ..... ۵

۲-۲-۲- مونواکسید کربن (CO) ..... ۵

۲-۲-۳- دی‌اکسید کربن ($CO_2$) ..... ۶

۲-۲-۴- دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$) ..... ۶

۲-۲-۵- سولفید هیدروژن($SH_2$) ..... ۶

۲-۲-۶- اکسیدهای ازت ($NO_x$) ..... ۷

۲-۲-۷- گاز زغال ..... ۹

۲-۳- دستورالعمل نحوه اندازه‌گیری گازهای مختلف در هوای معدن ..... ۱۰

۲-۳-۱- اکسیژن ..... ۱۱

۲-۳-۲- مونواکسیدکربن ..... ۱۲

۲-۳-۳- دی‌اکسیدکربن ..... ۱۲

۲-۳-۴- دی‌اکسید گوگرد ..... ۱۳

۲-۳-۵- سولفید هیدروژن ..... ۱۳

۲-۳-۶- اکسیدهای ازت ..... ۱۳
۲-۳-۷- گاز زغال ..... ۱۴
۲-۳-۸- نمونه‌گیری از گازهای معادن و تجزیه آنها در آزمایشگاه ..... ۱۴
۲-۳-۹- خلاصه‌ای از دستورالعمل اندازه‌گیری گازهای مختلف ..... ۱۵
۲-۴- آئین‌نامه حدمجاز گرد و غبارهای مختلف ..... ۱۵
۲-۴-۱- طبقه‌بندی گرد و غبار ..... ۱۵
۲-۴-۲- حدمجاز پیشنهادی گرد و غبار در معادن ایران ..... ۱۵
۲-۵- دستورالعمل نحوه اندازه‌گیری گرد و غبار در هوای معدن ..... ۱۵
۲-۵-۱- دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری گرد و غبار ..... ۱۶
۲-۵-۲- تناوب اندازه‌گیری گرد و غبار در بخشهای مختلف معادن ..... ۱۷
۲-۶- آئین‌نامه حد مجاز دما و رطوبت در هوا ..... ۱۸
۲-۶-۱- شاخص‌های بیان کیفیت هوا از نظر دما و رطوبت ..... ۱۸
۲-۶-۲- حد مجاز پیشنهادی دما و رطوبت برای معادن ایران ..... ۲۰
۲-۷- دستورالعمل اندازه‌گیری دما و رطوبت هوا ..... ۲۰
۲-۷-۱- اندازه‌گیری دمای هوا ..... ۲۰
۲-۷-۲- اندازه‌گیری دمای سنگها ..... ۲۱
۲-۷-۳- اندازه‌گیری رطوبت هوا ..... ۲۲

**فصل سوم - آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به جریان هوا**

۳-۱- آشنایی ..... ۲۳
۳-۲- آئین‌نامه حدمجاز سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن ..... ۲۳
۳-۳- دستورالعمل محاسبه سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن ..... ۲۳
۳-۴- دستورالعمل محاسبه فشار هوا در معدن ..... ۲۴
۳-۵- دستورالعمل محاسبه شدت جریان هوا ..... ۲۴
۳-۶- دستورالعمل محاسبه مقدار هوای لازم برای قسمت‌های مختلف معدن ..... ۲۴
۳-۶-۱- محاسبه شدت هوای لازم براساس تعداد نفراتی که در هر قسمت از معدن بکار مشغول‌اند ..... ۲۵
۳-۶-۲- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای عمومی موجود در معادن ..... ۲۶
۳-۶-۳- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گاز زغال در معادن زغال ..... ۲۶
۳-۶-۴- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای حاصل از آتشباری ..... ۲۸
۳-۶-۵- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای خروجی از اگزوز موتورهای دیزلی ..... ۳۰
۳-۶-۶- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس فرونشاندن گرد و غبار ..... ۳۰

۳-۶-۷- محاسبه شدت جریان هوای لازم از سایر نظرها ..... ۳۱
۶-۸- انتخاب ضریب اطمینان برای شدت جریان‌های محاسبه شده ..... ۳۲
**فصل چهارم - آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به سیستم تهویه معادن**
۴-۱- آشنایی ..... ۳۵
۴-۲- دستورالعمل انتخاب سیستم تهویه ..... ۳۵
۴-۲-۱- سیستم صعودی و نزولی ..... ۳۵
۴-۲-۲- سیستم مرکزی و کناری ..... ۳۶
۴-۲-۳- سیستم دهشی و مکشی ..... ۳۶
۴-۳- دستورالعمل انتخاب مسیر حرکت هوا در شبکه تهویه ..... ۳۶
۴-۴- دستورالعمل تهیه نقشه مبنای تهویه ..... ۳۶
۴-۵- دستورالعمل محاسبه مقاومت شاخه‌های شبکه تهویه ..... ۳۷
۴-۵-۱- محاسبه مقاومت اصطکاکی در سیستم متریک ..... ۳۷
۴-۵-۲- محاسبه مقاومت اصطکاکی در سیستم آحاد بین‌المللی (Si) ..... ۴۳
۴-۵-۳- محاسبه مقاومت‌های موضعی در سیستم متریک ..... ۴۳
۴-۵-۴- محاسبه مقاومت‌های موضعی در سیستم بین‌المللی Si ..... ۴۶
۴-۵-۵- مقاومت ناشی از وجود موانع ..... ۵۴
۴-۵-۶- محاسبه مقاومت کلی شاخه ..... ۵۵
۴-۶- دستورالعمل محاسبه افت فشار شاخه‌ها ..... ۵۶
۴-۷- دستورالعمل تنظیم هوا و تعدیل شبکه ..... ۵۷
۴-۸- دستورالعمل محاسبه افت فشار و مقاومت کلی شبکه ..... ۵۸
۴-۹- دستورالعمل محاسبه تهویه طبیعی ..... ۵۸
**فصل پنجم - آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به تجهیزات تهویه**
۵-۱- آشنایی ..... ۶۱
۵-۲- دستورالعمل انتخاب بادبزن اصلی ..... ۶۱
۵-۲-۱- تعیین مشخصات کلی بادبزن ..... ۶۱
۵-۲-۲- تعیین نقطه عملکرد بادبزن ..... ۶۲
۵-۲-۳- نحوه انتخاب بادبزن ..... ۶۲
۵-۲-۴- محاسبه توان لازم برای بادبزن ..... ۶۳
۵-۲-۵- استفاده از چندین بادبزن ..... ۶۳
۵-۳- دستورالعمل نصب و نگهداری بادبزن اصلی و تجهیزات آن ..... ۶۴

۵-۳-۱- بادبزن خانه ..... ۶۴
۵-۳-۲- تجهیزات معکوس کردن جهت جریان هوا ..... ۶۵
۵-۳-۳- تجهیزات مربوط به خودکار کردن و کنترل از دور سیستم تهویه ..... ۶۵
۵-۴- دستورالعمل انتخاب بادبزن فرعی ..... ۶۶
۵-۵- دستورالعمل نصب بادبزن‌های فرعی ..... ۶۸
۵-۶- دستورالعمل انتخاب و نصب لوله‌های تهویه ..... ۶۸
۵-۷- دستورالعمل بازرسی سیستم تهویه معدن ..... ۷۰
۵-۸- تجهیزات کنترل نشت هوا ..... ۷۴
۵-۸-۱- روش‌های تعیین میزان نشت هوا ..... ۷۴
۵-۸-۲- تقسیم‌بندی نشت هوا ..... ۷۵
۵-۸-۳- عوامل موثر در نشت هوا ..... ۷۵
فهرست منابع به ترتیب استفاده در متن ..... ۷۹

# فصل اول

# جمع‌آوری اطلاعات

## ۱-۱- آشنایی

اولین قدم در اجرای پروژه تدوین مقررات تهویه، جمع‌آوری مقررات و ضوابط موجود در ایران و سایر کشورها بود تا براساس آنها، مقررات مناسب با توجه به شرایط بومی، برای کشور تدوین شود. مطابق طرح پیشنهادی اولیه، این مهم باید در چهارچوب سه موضوع زیر انجام گیرد [۱]:

الف - گردآوری مقررات و ضوابط رسمی موجود در کشور در شرکت‌ها و طرح‌های معادن ایران و ضوابط مورد عمل در طرح‌های مختلف عمرانی و معدنی

ب - بررسی از نظر اطلاعات موجود در کشورهای مختلف درباره مقررات تهویه در معادن و انتخاب سه کشور با تکنولوژی برتر در این زمینه و گردآوری ضوابط، مقررات و استانداردهای آنها

ج - تعیین کمبودهای مقررات رسمی نسبت به مقررات رعایت شده در طرح‌های معدنی ایران و مقررات متداول در کشورهای مورد بررسی در این فصل موارد یادشده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

## ۱-۲- گردآوری مقررات موجود در کشور

با وجودی که صنعت معدن در کشور، سابقه دیرینه‌ای دارد معذالک آئین‌نامه‌های معدودی در مورد انجام فعالیت‌های معدنی و از آن جمله تهویه وجود دارد. براساس مطالعات انجام شده، آئین‌نامه‌های موجود در این زمینه به شرح زیر است:

### ۱-۲-۱- جدیدترین آئین‌نامه موجود

آخرین آئین‌نامه موجود درباره مقررات تهویه در کشور، آئین‌نامه ایمنی در معادن مصوب ۱۳۷۹/۱۱/۲۵ است که در سال ۱۳۸۱ از سوی دفتر نظارت و ایمنی معادن وزارت صنایع و معادن انتشار یافته است [۲]. فصل هشتم این مجموعه مربوط به تهویه است که مقررات مربوط به آن طی ۵۹ ماده تنظیم شده است.

### ۱-۲-۲- قدیمی‌ترین آئین‌نامه موجود

قدیمی‌ترین آئین‌نامه موجود در این زمینه آئین‌نامه فنی و نظارت بر معادن کشور مصوبه ۱۳۳۶/۵/۱۲ هیئت وزیران وقت کشور است که قسمت سوم آن طی ماده‌های ۲۵ لغایت ۳۸ مربوط به تهویه معادن است [۳].

### ۱-۲-۳- سایر آئین‌نامه‌ها

در فاصله دو آئین‌نامه یادشده که به ترتیب جدیدترین و قدیمی‌ترین آئین‌نامه‌ها را در زمینه مقررات تهویه در معادن تشکیل می‌دهند، بعضی مقررات و آئین‌نامه‌های دیگری نیز تدوین و پیشنهاد شده است که جنبه کشوری نداشته‌اند و در زیر به آنها اشاره

می‌کنیم.

الف – آئین‌نامه پیشنهادی ایمنی معادن

این آئین‌نامه که درواقع پیش‌نویس اولیه آئین‌نامه ایمنی در معادن است، در سال ۱۳۷۹ از سوی مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار با همکاری وزارت معادن و فلزات وقت ارائه شد که مبنای آئین‌نامه ایمنی در معادن قرار گرفت. مواد مربوط به تهویه این آئین‌نامه و آئین‌نامه ایمنی معادن برهم منطبق است [۴].

ب – قوانین ایمنی در معادن زغال سنگ

این آئین‌نامه در سال ۱۳۵۰ از سوی شرکت ملی ذوب آهن وقت (شرکت تهیه و تولید مواد معدنی فعلی) تنظیم شد که مفاد آن عمدتاً از استانداردهای کشور شوروی آن زمان گرفته شده بود. اگرچه این آئین‌نامه به طور رسمی به تصویب مراجع ذیصلاح نرسیده بود اما مبنای کار در شرکت ملی ذوب‌آهن قرار گرفت که در آن زمان تقریباً تمام معادن زغال‌سنگ فعال مهم را در اختیار داشت [۵].

ج – دستورالعمل‌های نحوه اندازه‌گیری و کاهش گرد و غبار در معادن و بازرسی کارگاه‌های زیرزمینی از نظر تهویه

در چهارچوب طرح جامع ایمنی، نجات و بهداشت محیط کار در معادن که ازسوی شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران در دستور اجرا قرار گرفت در جلد نهم مجموعه گزارش‌ها دو دستورالعمل مربوط به کاهش گرد و غبار و بازرسی کارگاههای زیرزمینی از نر تهویه تدوین و ارائه شد. اگرچه این دستورالعمل‌ها به تایید مراجع رسمی نرسیده است اما قرار بر این بوده که مبنای کار در معادن زغال سنگ وابسته به شرکت تهیه و تولید قرار گیرد [۶].

### ۱-۲-۴- کتاب‌ها

در زمینه تهویه در معادن، کتاب‌هایی که تماماً مربوط به امر تهویه است و یا فصل‌هایی از آنها به این امر اختصاص دارد، به زبان فارسی انتشار یافته است که در زیر به آنها اشاره می‌کنیم:

الف – مدنی، حسن (۱۳۶۵) – تهویه در معادن(جلد اول) – انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

ب – زادیوسفی، یوسف (۱۳۶۴) – ایمنی در معادن زیرزمینی و تونلسازی – انتشارات موسسه کار و تامین اجتماعی

ج – محمدزاده، غلامرضا (۱۳۶۵) – ایمنی در معادن – انتشارات وزارت آموزش و پرورش

د – مدنی، حسن (۱۳۸۲) – تهویه در معدن(جلد دوم) – انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## ۱-۳- مقررات موجود در سایر کشورها

کشورهای صنعتی دنیا درباره هر یک از فعالیت‌های صنعتی و از آن جمله تهویه، قوانین خاص و مدونی دارند. برای بررسی این قوانین در کشورهای مختلف در ابتدا، از سیستم جستجوی اینترنتی و سپس جستجوی کتابخانه‌ای کمک گرفته شد. در پی این بررسی‌ها، سه کشور ایالات متحده آمریکا، روسیه و اسپانیا انتخاب شد تا مقررات تهویه آنها مورد بررسی قرار گیرد.

### ۱-۳-۱- مقررات تهویه در ایالات متحده آمریکا

تدوین مقررات مربوط به تهویه معادن در ایالات متحده آمریکا به عهده سازمان ایمنی و بهداشت معادن[1] (MSHA) است که این امر را در چند ده هزار صفحه تدوین کرده است و هرچند وقت یکبار، مقررات و دستورالعمل‌های موجود را به روز می‌کند. برای کسب اطلاعات در این مورد می‌توان به سایت زیر مراجعه کرد:

**.http://www.regulations.gov**

آدرس پستی این سازمان نیز به شرح زیر است:

**MSHA, 1100 Wilson Blvd, Room 2350, Arlington, Virginia, 22209, USA**

در بررسی‌های اینترنتی، ۲۰ سایت مهم مربوط به مقررات تهویه در ایالات متحده آمریکا مشخص شد

### ۱-۳-۲- مقررات تهویه در روسیه

عمده مقررات تهویه در روسیه، همان مقرراتی است که در معادن زغال سنگ بزرگ ایزان اجرا می‌شود زیرا آئین‌نامه‌های ایمنی و تهویه این معادن، از مقررات کشور شوروی سابق اقتباس شده است.

### ۱-۳-۳- مقررات تهویه در اسپانیا

علت انتخاب این کشور آن بود که علاوه بر مقررات موجود در دو کشور پیشرفته یعنی ایالات متحده و روسیه، وضعیت تهویه در یک کشور اروپایی متوسط نیز مورد بررسی قرار گیرد. بدین‌منظور مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها، قوانین و مقررات مربوط به‌این کشور که بالغ بر ۲۰۰ صفحه است جمع‌آوری شد.

## ۱-۴- بررسی کمبودها در زمینه مقررات موجود

با توجه به آخرین آئین‌نامه مصوب موجود درباره ایمنی معادن که بخشی از آن نیز مربوط به تهویه در معادن است، کمبود مقررات و آئین‌نامه‌های لازم برای انجام صحیح تمامی عملیات تهویه به خوبی احساس می‌شود. به عنوان مثال هیچگونه دستورالعملی در مورد چگونگی اندازه‌گیری گازها و گرد و غبار موجود در هوای معدن وجود ندارد و یا در مورد اندازه‌گیری سرعت و فشار، استاندارد خاصی ارائه نشده است. با توجه به شرح خدمات پروژه تدوین مقررات تهویه در معادن، مجموعه آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مربوط به تهویه طی فصل‌های آینده آمده است.

---

*1- Mine Safety and Health Administration*

# فصل دوم

# آئین‌نامه‌ها و مقررات مشخصات هوا در معدن

## ۲-۱- آشنایی

تعیین مشخصات هوا براساس یک دستورالعمل معین، ازجمله ضروریات اجرای تهویه خوب و مناسب در معادن است. مهمترین مشخصات هوا از دیدگاه تهویه، گازهای موجود در هوا، گرد و غبار موجود در هوا، دما و رطوبت است که در این فصل آئین‌نامه‌های مربوط به اندازه‌گیری و حدود مجاز آنها تشریح شده است.

## ۲-۲- آئین‌نامه حد مجاز گازهای مختلف در معادن

اگرچه برای بعضی از گازها، حد مجازی در آئین‌نامه‌ها پیشنهاد شده است اما در این مبحث، حد مجاز گازهای مختلف با توجه به شرایط ویژه معادن ایران پیشنهاد می‌شود تا با اجرای آن، وضعیت ایمنی معادن بهبود و میزان حوادث کاهش یابد.

مهمترین گازهای موجود در هوای معادن زیرزمینی عبارت از اکسیژن، مونواکسیدکربن، دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، سولفید هیدروژن، اکسیدهای ازت و متان است که شرح آنها در زیر، آمده است.

### ۲-۲-۱- اکسیژن ( $O_2$ )

در بین گازهای موجود در هوای معدن، اکسیژن گاز مفیدی است که اگر مقدار آن از حدی کاهش یابد، سبب مشکلات و در پاره‌ای موارد موجب فوت افراد می‌شود.

اگر غلظت اکسیژن کمتر از ۱۸ درصد شود، سبب تسریع تنفس می‌شود و در غلظت کمتراز ۱۴ درصد، استفراغ و ضعف افراد را در پی دارد. در غلظت کمتر از ۱۰ درصد، سبب کبودی رنگ بدن می‌شود و شخص به حالت اغما می‌افتد و ادامه تنفس در چنین هوایی خطر مرگ را به دنبال دارد. اگر غلظت اکسیژن به کمتر از ۵ درصد برسد، مرگ آنی را سبب می‌شود[۸].

در کشورهای صنعتی، حداقل غلظت مجاز اکسیژن در هوا ۱۹/۵ درصد تعیین‌شده است که برای معادن ایران نیز همین حد تعیین می‌شود.

### ۲-۲-۲- مونواکسید کربن ( $CO$ )

مونواکسید کربن گازی بی‌رنگ و بی‌بو است که از جمله خطرناک‌ترین گازهای موجود در معادن به شمار می‌آید.

این گاز علاوه بر اینکه گازی سمی است، در محدوده وسیعی از غلظت (۱۲/۵ تا ۷۴ درصد) قابل انفجار نیز هست [۱۰]. عامل اصلی سمیت مونواکسید کربن، میل ترکیبی شدید آن با هموگلوبین خون و اشباع کردن آن است به طوری که پس از مدتی، دیگر هموگلوبین قادر به جذب اکسیژن و انتقال آن به اندام‌های بدن نخواهد بود.

از نظر کلی اگر درصد حجمی مونواکسید کربن از ۰/۱ درصد کمتر باشد، در مدت زمان کوتاه خطر جانی ندارد. در غلظت ۰/۱ درصد، باعث سردرد و مسمومیت‌های جزئی می‌شود. غلظت ۰/۱۵ تا ۰/۲۰ درصد آن، ممکن است مسمومیت خطرناک تولید کند. ۲۰

تا ۳۰ دقیقه تنفس در هوایی که درصد مونواکسید کربن آن حدود ۰/۵ درصد باشد به مرگ منتهی می‌شود و سرانجام، تنفس در هوایی که حاوی یک درصد از این گاز باشد، مرگ آنی را در پی دارد[۸].

آئین‌نامه حد مجاز مونواکسید کربن در کشورهای مختلف متفاوت است که حدود مجاز مربوط به چند کشور در جدول ۲-۱ آمده است.

با توجه به وضعیت خاص کار معادن در ایران، حد مجاز مونواکسید کربن در هوای معادن زیرزمینی ایران ۰/۰۰۳۵ درصد و یا ۳۵ ppm تعیین می‌شود.

### ۲-۲-۳- دی‌اکسید کربن ($CO_2$)

دی‌اکسید کربن گاز بی‌رنگی است که اندکی مزه و بوی اسیدی دارد. این گاز در غلظت معمولی هوا (۰/۰۳ تا ۰/۰۴ درصد)

جدول ۲-۱- حد مجاز مونواکسیدکربن در هوای معادن زیرزمینی به عنوان تابعی از غلظت و زمان‌تماس [۱۰]

| کشور | وضعیت | حدمجاز | |
|---|---|---|---|
| | | درصد | ppm |
| ایالات متحده آمریکا | ۸ ساعت کار مداوم تماس کوتاه مدت تا ۱۵دقیقه | ۰/۰۰۵<br>۰/۰۴ | ۵۰<br>۴۰۰ |
| روسیه | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۱۶ | ۱۶ |
| اسپانیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۵ | ۵۰ |
| آفریقای جنوبی | ۸ ساعت‌کار در معادن طلا | ۰/۰۱ | ۱۰۰ |
| استرالیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۳ | ۳۰ |
| ایران (آئین‌نامه ایمنی معادن) | ۸ ساعت کار مداوم<br>تماس کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۰/۰۰۳۵<br>۰/۰۲ | ۳۵<br>۲۰۰ |

زیان‌آور نیست ولی در غلظت یک درصد، باعث‌تندی تنفس می‌شود و اگر غلظت آن به ۳درصد برسد، آهنگ تنفس به حد دو برابر حالت معمولی افزایش می‌یابد. در غلظت ۵ درصد، تنفس خیلی شدید و مشکل می‌شود و غلظت ۱۰ درصد آن ممکن است به بیهوشی بینجامد و سرانجام غلظت ۲۰ تا ۲۵ درصد آن، مرگ انسان را در پی دارد [۸]. غلظت مجاز دی‌اکسید کربن در کشورهای مختلف در جدول ۲-۲ آمده است.

### ۲-۲-۴- دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$)

دی‌اکسید گوگرد گازی بسیار سمی است که وجود مقادیر بسیار کم آن نیز باعث مختل شدن اعصاب و به ویژه اعصاب چشم می‌شود و غلظت ۰/۰۵ درصد آن خطر مرگ را در بر دارد[۸]. اثرات فیزیولوژیکی این گاز در غلظت‌های مختلف در جدول ۲-۳ آمده است.

### ۲-۲-۵- سولفید هیدروژن ($SH_2$)

سولفید هیدروژن علاوه بر آنکه گازی سمی است، در غلظت ۶ درصد در هوا مخلوط قابل انفجاری را تشکیل می‌دهد و لذا از این

بابت هم خطرناک است. در جدول ۲-۵، تاثیر فیزیولوژیکی این گاز در غلظت‌های مختلف آمده است.

جدول ۲-۲- حد مجاز دی‌اکسید کربن در هوای معادن زیرزمینی در کشورهای مختلف

| کشور | وضعیت | غلظت مجاز(درصد) |
|---|---|---|
| ایالات متحده آمریکا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۵ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۳ |
| روسیه | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۷۵ |
| اسپانیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۵ |
| آفریقای جنوبی | ۸ ساعت‌کار در معادن طلا | ۰/۲ |
| استرالیا | ۸ ساعت کار مداوم در معادن زغال | ۱/۲۵ |
| | ۸ ساعت کار مداوم در معادن غیر زغال | ۰/۵ |
| ایران | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۵ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۳ |

غلظت مجاز دی‌اکسید کربن در معادن زیرزمینی ایران ۰/۵ درصد تعیین می‌شود.

جدول ۲-۳- اثرات فیزیولوژیکی دی‌اکسید گوگرد در غلظت‌های مختلف [۱۰و۱۲]

| غلظت ppm | اثرات فیزیولوژیکی |
|---|---|
| ۰/۳ تا ۱ | بر اثر مزه اسیدی قابل تشخیص است |
| ۳ تا ۵ | در اثر بوی مشخص قابل تشخیص است |
| ۲۰ | تحریک چشم، بینی، گلو و سیستم تنفس |
| ۵۰ | سوزش جدی چشم، بینی و گلو |
| ۴۰۰ | خطر جدی برای سلامتی |

غلظت مجاز دی‌اکسید گوگرد در کشورهای مختلف در جدول ۲-۴ آمده است.

جدول ۲-۴- غلظت مجاز دی‌اکسید گوگرد در کشورهای مختلف

| کشور | وضعیت | حدمجاز | |
|---|---|---|---|
| | | درصد | ppm |
| ایالات متحده آمریکا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۵ | ۵ |
| روسیه | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۷ | ۷ |
| اسپانیا | ۸ ساعت کار مداوم | /۰۰۰۵ | ۵ |
| استرالیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۲ | ۲ |
| ایران | ۸ ساعت کار مداوم | /۰۰۰۲ | ۲ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۰/۰۰۵ | ۵ |

با توجه به موارد یادشده، غلظت مجاز دی‌اکسید گوگرد برای ۸ ساعت کار مداوم در معادن ایران ۲ ppm تعیین می‌شود.

### ۲-۲-۶- اکسیدهای ازت ($NO_x$)

در اثر آتشباری مواد منفجره حاوی ازت، گاز اکسید نیتریک ($NO$) تولید و در مجاورت هوا به دی اکسید ازت ($NO_2$)

تبدیل‌می‌شود. احتراق سوخت در موتورهای درون‌سوز نیز عامل دیگر تولید اکسیدهای ازت در هوای معادن و تونل‌ها است. اکسیدهای ازت که عموماً آنها را دی‌اکسید ازت تشکیل می‌دهد نیز ازجمله‌خطرناکترین گازهای موجود در فضاهای زیرزمینی هستند. این مجموعه در غلظت ۲/۵ ppm بی‌خطراند اما غلظت ۲۵۰ ppm آنها سبب مرگ انسان می‌شود. افرادی که به بیماری آسم مبتلا هستند، از تنفس این گاز بیشتر رنج می‌برند. در جدول ۲-۷ تاثیر فیزیولوژیکی این گاز در غلظت‌های مختلف آمده است.

جدول ۲-۵- تاثیر فیزیولوژیکی سولفید هیدروژن در غلظت‌های مختلف [۱۰و۱۲]

| غلظت ppm | اثرات فیزیولوژیکی |
|---|---|
| ۰/۱ تا ۱ | بوی آن احساس می‌شود |
| ۵ | آغاز سمی بودن |
| ۵۰ تا ۱۰۰ | حساسیت خفیف چشم و سیستم تنفس، سردرد، از دست دادن احساس بویایی پس از ۱۵ دقیقه |
| ۲۰۰ | حساسیت شدید بینی و گلو |
| ۵۰۰ | التهاب شدید چشم، ترشح شدید بینی، سرفه، طپش قلب، غش |
| ۶۰۰ | دردسینه به علت آسیب دیدن سیستم تنفس، احتمال مرگ |
| ۷۰۰ | افسردگی، کما، احتمال مرگ |
| ۱۰۰۰ | فلج شدن سیستم تنفس - مرگ سریع |

غلظت مجاز این گاز در کشورهای مختلف در جدول ۲-۶ آمده است.

جدول ۲-۶- غلظت مجاز سولفید هیدروژن در کشورهای مختلف

| کشور | وضعیت | حدمجاز | |
|---|---|---|---|
| | | درصد | ppm |
| ایالات متحده آمریکا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۱۰ | ۱۰ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۰/۰۰۱۵ | ۱۵ |
| روسیه | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۶۶ | ۶/۶ |
| اسپانیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۲ | ۲۰ |
| استرالیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۱۰ | ۱۰ |
| ایران | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۱۰ | ۱۰ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۰/۰۰۱۵ | ۱۵ |

غلظت مجاز سولفیدهیدروژن درمعادن ایران ۱۰ ppm تعیین می‌شود.

جدول ۲-۷- تاثیر فیزیولوژیکی دی‌اکسید ازت در غلظت‌های مختلف [۱۵و۱۲]

| غلظت ppm | اثرات فیزیولوژیکی |
|---|---|
| ۴۰ | در اثر بو احساس می‌شود |
| ۶۰ | حساسیت خفیف گلو |
| ۱۰۰ | سرفه |
| ۱۵۰ | احساس ناراحتی جدی |
| ۲۰۰ | احتمال مرگ |

غلظت مجاز دی‌اکسید ازت در کشورهای مختلف در جدول ۲-۸ آمده است.

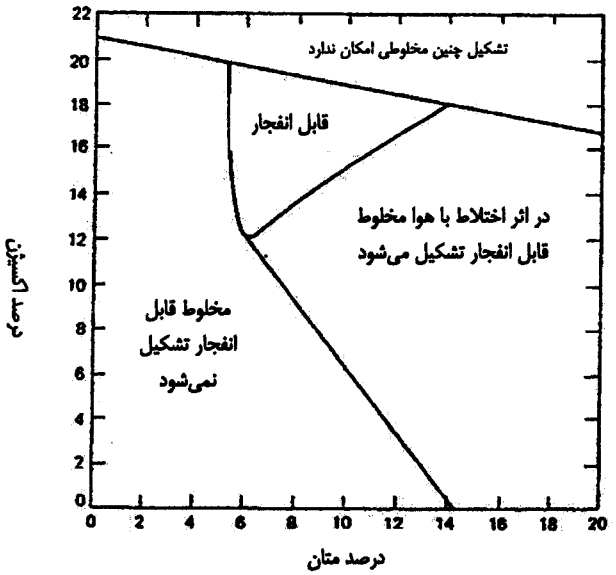
غلظت مجاز دی‌اکسید ازت برای معادن زیرزمینی ایران ۱ ppm تعیین می‌شود.

### ۲-۲-۷- گاز زغال

اگرچه این گاز در منابع انگلیسی زبان به نام گاز متان نامیده می‌شود و در بسیاری‌موارد نیز ترکیب اصلی آن را متان تشکیل می‌دهد اما از آنجا که در بعضی موارد و به ویژه بخش‌های کم عمق معادن و کانسارهای زغال، گازهای دیگری نیز در ترکیب آن شرکت‌دارند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که از آن به عنوان گاز زغال نام برده شود. گاز زغال خطرناکترین گاز معادن زغال از نقطه‌نظر انفجار است.

جدول ۲-۸- غلظت مجاز دی‌اکسید ازت در کشورهای مختلف

| کشور | وضعیت | غلظت مجاز | |
|---|---|---|---|
| | | درصد | ppm |
| ایالات متحده آمریکا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۲ | ۲ |
| روسیه | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۲۵ | ۲/۵ |
| اسپانیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۵ | ۵ |
| افریقای جنوبی | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۵ | ۵ |
| استرالیا | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۲۵ | ۲۵ |
| کمیته پیارک | تماس مداوم در تونل‌های راه | ۰/۰۰۰۱ | ۱ |
| ایران | ۸ ساعت کار مداوم | ۰/۰۰۰۱ | ۱ |
| | تماس‌کوتاه مدت تا ۱۵ دقیقه | ۰/۰۰۵۰ | ۵۰ |




شکل ۲-۱ محدوده انفجار گاز زغال [۱۰]

باید توجه داشت که گاز زغال فقط در غلظت‌های خاصی قابلیت انفجار را دارد (۴/۵ تا ۱۶ درصد) و قدرت انفجار آن در غلظت ۹/۵ درصد حداکثر است (شکل ۲-۴). این امرنباید این تصور را به وجود آورد که در غلظت‌های کمتر از ۴/۵ درصد و یا بیشتر از ۱۶درصد خطری ندارد زیرا وجود گرد زغال، غلظت قابل انفجار را خیلی پایین می‌آورد و ورود هوای تازه به قسمت‌هایی که غلظت

گاز در آنجا بیش از ۱۶ درصد است، غلظت آن را پایین می‌آورد و در محدوده خطر قرار می‌دهد.

از نقطه‌نظر میزان گاز زغالی که به ازای استخراج هر تن زغال در فضا پراکنده می‌شود، معادن را به چهار طبقه به شرح جدول ۲-۹ تقسیم‌بندی می‌کنند.

جدول ۲-۹- تقسیم‌بندی معادن زغال از نظر میزان گازخیزی [۲و ۸ و۱۳]

| طبقه معدن | میزان گازخیزی - مترمکعب بر هر تن زغال استخراج شده |
|---|---|
| ۱ | کمتر از ۵ |
| ۲ | ۱ تا ۱۰ |
| ۳ | ۱۰ تا ۱۵ |
| ماوراء طبقه | بیش از ۱۵ |

حد مجاز گاز زغال در قسمت‌های مختلف معادن براساس استاندارد کشورهای‌مختلف در جدول ۲-۱۰ آمده است.

با توجه به اهمیت گاز زغال و نقش آن در ایمنی معادن، حد مجاز این گاز برای معادن ایران به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

راهروهای حامل هوای تازه و مناطق در حال کار ۰/۵ درصد

راهروهای برگشت هوا ۰/۷۵ درصد

مناطق متروکه، مناطق تحت تعمیر ۱ درصد

حدود مجاز پیشنهادی گازهای مختلف به‌طور خلاصه در جدول ۲-۱۱ آمده است.

جدول ۲-۱۰- حد مجاز گاز زغال در قسمت‌های مختلف معادن براساس استاندارد کشورهای مختلف

| کشور | وضعیت | غلظت مجاز (درصد) |
|---|---|---|
| ایالات متحده آمریکا | مناطق درحال کار | ۱ |
| | راهروهای برگشت هوا | ۲ |
| روسیه | مناطق درحال کار | ۰/۷۵ |
| | راهروهای برگشت هوا | ۱/۵ |
| اسپانیا | مناطق درحال کار | ۱ |
| ایران | راهروهای حامل هوای تازه | ۰/۵ |
| | راهروهای برگشت هوا | ۰/۷۵ |
| | محل‌های تعمیراتی، مناطق متروکه | ۲ |

## ۲-۳- دستورالعمل نحوه اندازه‌گیری گازهای مختلف در هوای معدن

با توجه به اهمیت تعیین دقیق میزان گازهای مختلف در هوای معدن، باید از دستگاه‌های دقیق که کاربرد آنها نیز ساده باشد، استفاده شود ولو اینکه این دستگاه‌ها گرانتر از انواع دیگر باشند. نتیجه اندازه‌گیری گازهای مختلف باید در دفتر ویژه‌ای که به همین منظور تهیه شده است، با قید ساعت و تاریخ اندازه‌گیری درج و حداقل تا ۶ ماه نگهداری شود[۲]. همچنین نتایج اندازه‌گیری باید در تابلوهایی که به همین منظور در ایستگاه‌های اندازه‌گیری نصب شده است، درج شود[۲].

جدول ۲-۱۱- حدود مجاز پیشنهادی گازهای مختلف در معادن برای ۸ ساعت کار مداوم

| گاز | حدمجاز براساس آئین‌نامه ایمنی معادن | حد مجاز پیشنهادی |
|---|---|---|
| اکسیژن ($O_2$) | ۱۹ درصد | ۱۹/۵ درصد |
| مونواکسید کربن ($CO$) | ۳۵ ppm | ۳۵ ppm |
| دی‌اکسید کربن در محل‌های کاری ($CO_2$) | ۰/۵ درصد | ۰/۵ درصد |
| دی‌اکسید کربن در مکان‌های متروکه و تحت تعمیر | ۲ درصد | ۱ درصد |
| دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$) | ۲ ppm | ۲ ppm |
| سولفید هیدروژن ($SH_2$) | ۱۰ ppm | ۶/۶ ppm |
| دی‌اکسید ازت ($NO_2$) | ۱ ppm | ۱ ppm |
| گاز زغال در راهروهای حامل هوای تازه | ۰/۵ درصد | ۰/۵ درصد |
| گاز زغال در راهروهای برگشت هوا | ۰/۷۵ درصد | ۰/۷۵ درصد |
| گاز زغال در مناطق متروکه و تحت تعمیر | ۲ درصد | ۱ درصد |

### ۲-۳-۱- اکسیژن

با توجه به دقت کم و خطراتی که چراغ اطمینان شعله‌ای ممکن است در معادن زغال ایجاد کند، کاربرد آن ممنوع است و توصیه می‌شود که به هیچ عنوان از این وسیله برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن و یا متان، استفاده نشود و بدین‌منظور دستگاه‌های جدید دیجیتالی مورد استفاده قرار گیرد.

اگرچه نحوه کار دستگاه‌های جدید متفاوت است و هر کارخانه سازنده، شیوه خاصی را برای خود انتخاب کرده است ولی معمولاً اساس کار این دستگاه‌ها بدین ترتیب است که با عبور هوای مورد نظر از دستگاه، اکسیژن موجود در هوا به وسیله‌محلول‌های شیمیایی‌ای که فقط اکسیژن راجذب می‌کنند، جذب می‌شود و در نتیجه فشار هواکاهش می‌یابد که میزان کاهش فشار، متناسب با مقدار اکسیژن موجود در هوای ورودی به دستگاه است. کاهش فشار هوا به وسیله اهرم‌هایی به عقربه دستگاه و یا سیستم دیجیتال آن منتقل می‌شود و نتیجه در صفحه مونیتور دستگاه قابل قرائت است[۹].

دستگاه اکسیژن‌سنجی که برای معادن زغال گازدار به کار می‌رود باید از نوع ویژه و ضدجرقه باشد و کارخانه سازنده ایمنی آن را برای کاربرد در چنین مواردی، تضمین کرده باشد.

توصیه می‌شود که میزان اکسیژن موجود در هوای معدن در قسمت‌هایی که احتمال کمبود اکسیژن وجود دارد حداقل یکبار در هر شیفت اندازه‌گیری شود.

علاوه‌بر دستگاه‌های اکسیژن‌سنج که صرفاً به همین منظور ساخته شده، امروزه دستگاه‌های چندگانه‌ای نیز به بازار عرضه شده است که به‌طور همزمان غلظت چندین گاز مختلف را اندازه می‌گیرد. در صورتی که معدن مجهز به چنین دستگاه‌هایی‌باشد، از آن می‌توان برای سنجش میزان اکسیژن، همراه با سایر گازها استفاده کرد.

### ۲-۳-۲- مونواکسیدکربن

با وجود آنکه مونواکسیدکربن از جمله خطرناک‌ترین گازهای موجود در هوای معدن‌است معذالک به علت آنکه رنگ و بوی مشخصی ندارد، تشخیص ظاهری آن ممکن‌نیست.

دستگاه‌های سنجش مونواکسیدکربن در معادن ایران، عمدتاً از نوع کپسولی هستند. این کپسول‌ها، محتوی پنتااکسیدید ($I_2O_5$) هستند و هنگامی که هوای حاوی مونواکسیدکربن از درون آنها عبور کند، ید احیا می‌شو و کپسول تغییر رنگ می‌دهد و طول قسمتی از کپسول که تغییر رنگ داده، متناسب با میزان مونواکسیدکربن موجود درهوای عبوری است. برای عبور دادن هوا از درون کپسول، دو سر آن را می‌شکنند و آن رادر دستگاه ویژه‌ای که مجهز به یک، تلمبه دستی و یا برقی است قرار می‌دهند تا هوا ازدرون آن عبور کند.

با توجه به آنکه کپسول‌های یادشده عمر معینی دارند و پس از آن باید آنها را به دورانداخت و نیز دقت اندازه‌گیری آنها تابع دقت قرائت طول قسمت تغییر رنگ داده شده است بنابراین توصیه بر آن است که حتی‌المقدور از دستگاه‌های دیجیتالی بدین‌منظور استفاده شود.

در صورتی که امکان تهیه دستگاه‌های جدید وجود نداشته باشد، توصیه بر آن است‌که دقت دستگاه‌های کپسولی هر سه ماه یکبار با مقایسه نتایج حاصل از دستگاه‌های دیجیتالی، کنترل شود.

با توجه به آنکه مونواکسیدکربن از هوا سبک‌تر است لذا دستگاه اندازه‌گیری را بایددر بالاترین نقطه محل اندازه‌گیری قرار داد و آن را قرائت کرد.

از نظر اهمیتی که آگاهی از میزان دقیق گاز مونواکسیدکربن دارد، توصیه می‌شود که‌تناوب اندازه‌گیری این گاز به شرح زیر انجام گیرد:

الف – حداقل یک بار در طول هر شیفت کاری در نقاطی از معدن که احتمال تجمع این‌گاز وجود دارد.

ب – پس از هر نوبت آتشباری در جبهه کاری‌های پیشروی کلیه معادن زیرزمینی

ج – دو بار در طول شیفت در کارگاه‌های استخراج زغال و تونل‌های دنباله‌رو زغالی

### ۲-۳-۳- دی‌اکسیدکربن

دی‌اکسیدکربن نیز گازی بی‌رنگ و بی‌بو است و تشخیص آن در هوا بدون استفاده ازدستگاه‌های ویژه، میسر نیست. در قدیم برای اندازه‌گیری غلظت دی‌اکسیدکربن نیز از چراغ اطمینان شعله‌ای استفاده می‌شد که امروزه استفاده از آن مجاز نیست.

در معادن ایران برای اندازه‌گیری غلظت این گاز، از متان‌سنج‌های تداخلی (انترفرومتر) استفاده می‌شود که این وسیله نیز زیاد دقیق نیست و استفاده از آن بدین‌منظور، توصیه نمی‌شود.

از دستگاه‌های کپسولی که شرح آنها در بند ۲-۳-۲ آمده است، علاوه بر غلظت سنجی مونواکسیدکربن، برای سنجش میزان دی‌اکسیدکربن و گازهای دیگر نیز استفاده می‌شود. بدیهی است دراین مورد باید از کپسول‌های ویژه دی‌اکسیدکربن استفاده کرد. از آنجا که غلظت‌سنجی دی‌اکسیدکربن، حساسیت سایر گازها نظیر مونواکسیدکربن، سولفید هیدروژن واکسیدهای ازت را ندارد لذا از این وسایل می‌توان برای سنجش غلظت دی‌اکسیدکربن استفاده کرد.

در این مورد نیز دستگاه‌های دقیق دیجیتالی وجود دارد که توصیه می‌شود برای‌معادن و به ویژه معادن زغال سنگ تهیه شود تا مورد استفاده قرار گیرد.

از آنجا که دی‌اکسیدکربن از هوا سنگین‌تر و تراکم آن بیشتر در قسمت‌های پایین‌است لذا به هنگام اندازه‌گیری باید دستگاه را در کف حفریه معدنی قرار داد و میزان گازرا قرائت کرد.

**۲-۳-۴- دی‌اکسید گوگرد**

دی‌اکسید گوگرد بوی مشخص گوگرد در حال سوختن را دارد و بنابراین با حس بویایی نیز قابل تشخیص است. بدیهی است برای سنجش میزان این گاز نیز باید ازدستگاه‌های ویژه‌ای استفاده کرد.

وسیله قدیمی برای اندازه‌گیری میزان این گاز، کپسول‌های ویژه تشخیص دی‌اکسیدگوگرد است که همانند دستگاه‌های اندازه‌گیری مونواکسیدکربن و فقط کپسول آن متفاوت است. در این مورد نیز می‌توان از دستگاه‌های سنجش چندگانه گازها و نیز دستگاه‌های دیجیتالی استفاده کرد.

از آنجا که دی‌اکسید گوگرد سنگین‌تر از هوا است لذا به هنگام اندازه‌گیری، باید دستگاه را در کف حفریه معدنی قرار داد. تناوب اندازه‌گیری درصد این گاز، یکبار در هر شیفت توصیه می‌شود.

**۲-۳-۵- سولفید هیدروژن**

این گاز نیز بوی مشخص تخم‌مرغ گندیده را دارد و در غلظت‌های کم نیز قابل تشخیص و در عین حال، در غلظت‌های پایین نیز سمی و خطرناک است. نکته مهم در این مورد آن‌است که اگر انسان مدتی در هوای حاوی این گاز بماند، اعصاب بینی حساسیت خود را از دست می‌دهند و ممکن است بوی آن احساس نشود.

یک روش ساده برای تعیین درصد این گاز در هوا، استفاده از کاغذهای آغشته به استات سرب است که این کاغذ در مجاورت سولفید هیدروژن به رنگ سیاه درمی‌آید.اگر کاغذ ظرف ۱ تا ۲ دقیقه سیاه شود، نشانه آن است که غلظت گاز در حد خطرناک است.

برای اندازه‌گیری میزان دقیق این گاز می‌توان از کپسول‌های ویژه که شرح آنها گذشت استفاده کرد. همچنین استفاده از دستگاه‌های دیجیتالی بدین‌منظور توصیه می‌شود. به هنگام اندازه‌گیری باید دستگاه را در کف حفریه معدنی قرار داد زیرا این گاز از هوا سنگین‌تر است. تناوب اندازه‌گیری در معادن معمولی یک بار در شبانه‌روز و در معادنی که حاوی پیریت و یا سایر سولفیدها هستند، حداقل یک بار در شیفت توصیه می‌شود.

**۲-۳-۶- اکسیدهای ازت**

دی‌اکسید ازت با رنگ خرمایی خود به آسانی قابل تشخیص است. همچنین اگر نوارکاغذی به یدورپتاسیم آغشته شود و در هوای حاوی دی‌اکسید ازت قرار گیرد، کاغذ به سرعت سیاه می‌شود[۸].

برای تعیین غلظت دقیق این گاز می‌توان از کپسول‌های ویژه مخصوص آن و یا دستگاه‌های تشخیص چندگانه استفاده کرد.

به هنگام اندازه‌گیری این گاز، دستگاه را باید در کف حفریه معدنی قرار داد زیرا ازهوا سنگین‌تر است. تناوب زمانی اندازه‌گیری میزان این گاز، پس از هر نوبت آتشباری‌توصیه می‌شود.

### ۲-۳-۷- گاز زغال

برای اندازه‌گیری میزان گاز زغال روش‌های مختلفی به شرح زیر وجود دارد:

الف - استفاده از چراغ اطمینان شعله‌ای

ب - استفاده از دستگاه‌های تداخل‌سنج (انتروفرومتر) که در ایران به نام گریزوسنج‌های روسی معروف است.

ج - استفاده از دستگاه‌های عقربه‌ای که براساس تغییر مقاومت الکتریکی یکی از شاخه‌های پل و تسون کار می‌کند.

د - استفاده از دستگاه‌های دیجیتالی

هـ - استفاده از سیستم‌های پایشگر متان[1]

از بین این روش‌ها، شیوه اول یعنی استفاده از چراغ اطمینان شعله‌ای منسوخ شده است و استفاده از آن مجاز نیست. کاربرد دستگاه‌های انترفرومتر نیز به خاطر پیچیدگی استفاده و نداشتن دقت کافی توصیه نمی‌شود. بنابراین، برای تعیین میزان گاز زغال، دستگاه‌های عقربه‌ای و دیجیتالی توصیه می‌شود. در مناطقی از معدن‌که احتمال تجمع گاز وجود دارد، نصب سیستم‌های پایشگر متان، از نظر ایمنی‌کاملاً قابل توجیه است. با توجه به آنکه متان سبکتر از هوا است لذا به هنگام اندازه‌گیری، دستگاه را باید در بالاترین قسمت حفریه معدنی قرار داد.

زمان تناوب اندازه‌گیری نیز به شرح زیر توصیه می‌شود:

الف - در پیشروی‌ها، علاوه‌بر اندازه‌گیری در هر شیفت، قبل از هر نوبت آتشباری نیزاندازه‌گیری درصد گاز زغال الزامی است.

ب - در کارگاه‌های استخراج حداقل دو نوبت در هر شیفت

ج - در تونل‌هایی که وظیفه انتقال هوای برگشتی از کارگاه‌ها را به عهده دارند، حداقل یکبار در هر شیفت

### ۲-۳-۸- نمونه‌گیری از گازهای معادن و تجزیه آنها در آزمایشگاه

علاوه بر اندازه‌گیری منظم گازها به وسیله دستگاه‌های قابل حمل و به حالت برجا، توصیه می‌شود که برای حصول اطمینان از سالم بودن دستگاه‌ها و کنترل کارکرد آنها، هر چند وقت یکبار نمونه‌هایی از هوای معدن تهیه شده و در آزمایشگاه مورد تجزیه دقیق قرار گیرد. بدین‌منظور توصیه می‌شود که میزان گازهای موجود در محل‌نمونه‌برداری، ابتدا به وسیله دستگاه‌های قابل حمل اندازه‌گیری و نتایج آن در دفتر ویژه‌ای ثبت و پس از تهیه نمونه کلی از هوای معدن و تجزیه آن در آزمایشگاه، نتایج باهم مقایسه شوند.

برای نمونه‌گیری از هوای معدن، باید از استوانه‌های شیشه‌ای دم سر شیردار که به همین منظور ساخته شده‌اند استفاده کرد. نحوه کار بدین‌ترتیب است که ظرف شیشه‌ای را در بیرون معدن پر از آب کرده و در محل اندازه‌گیری، شیرهای بالا و پایین آن را باز می‌کنند تا آب آن خارج شده و هوای معدن جایگزین آن شود و آنگاه، شیرها را محکم می‌بندند. از آنجا که ممکن است ظرف‌های مخصوص این کار همه‌جا در دسترس‌نباشد، می‌توان از بطری‌های شیشه‌ای که درب آنها کاملاً محکم می‌شود، استفاده کرد. بدین‌منظور بطری را در بیرون معدن پر از آب کرده و در محل نمونه‌گیری، آب آن راتخلیه می‌کنند و درب آن را محکم می‌بندند و آن را به آزمایشگاه می‌فرستند.

---

*1- methane monitoring*

### ۲-۳-۹- خلاصه‌ای از دستورالعمل اندازه‌گیری گازهای مختلف

برای سهولت استفاده از آنچه که تاکنون گفته شد، موارد یادشده به‌طور خلاصه درجدول ۲-۱۲ درج شده است که می‌تواند به عنوان دستورالعمل کلی مورد استفاده قرارگیرد. همچنین فرمی برای ثبت نتایج اندازه‌گیری تنظیم شده که در جدول ۲-۱۳ آمده است.

## ۲-۴- آئین‌نامه حد مجاز گرد و غبارهای مختلف

### ۲-۴-۱- طبقه‌بندی گرد و غبار

برای رده‌بندی ذرات معلق روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله آنها می‌توان به دو روش تقسیم‌بندی که در مهندسی ایمنی محیط‌های زیرزمینی مطرح است اشاره کرد که اولی براساس توزیع ابعاد ذرات و دومی برحسب آثار فیزیولوژیکی بنا شده است. همچنین تقسیم‌بندی دیگری موسوم به تقسیم‌بندی کلی گرد و غبار وجود دارد.

### ۲-۴-۲- حدمجاز پیشنهادی گرد و غبار در معادن ایران

با توجه به اهمیت گرد و غبار و لزوم محافظت افراد در مقابل خطرات ناشی از وجود آنها در هوای معدن، حدود مجاز گرد و غبارهای مختلف در معادن ایران به شرح جدول۲-۲۲ پیشنهاد می‌شود.

## ۲-۵- دستورالعمل نحوه اندازه‌گیری گرد و غبار در هوای معدن

تعیین دقیق میزان گرد و غبار در ارتباط با سلامتی نیروی انسانی فعال در عملیات حفاری و معدنی همواره با مشکلاتی همراه بوده است. یکی از این مشکلات آن است که تعمیم اندازه‌گیری‌های مربوط به تجمع گرد و غبار در یک محدودهٔ زمانی کوتاه، به امر سلامتی درازمدت نیروی کاری، چندان آسان نیست. نکته دیگر آنکه علاوه بر میزان گرد و غبار موجود در هوا، ابعاد ذرات و ترکیب کانی شناختی آنها نیز اهمیت دارد. بنابراین حتی در مورد مدرنترین اندازه‌گیری هم ممکن است در نتایج حاصله از نظر نوع و دقت اطلاعاتی که می‌دهند، تغییرات قابل توجهی دیده شود. در انتخاب ابزار اندازه‌گیری، تعیین اهداف اولیه اندازه‌گیری‌های موردنظر بسیار مهم است. این اهداف ممکن است قسمتی از تحقیقات دامنه‌دار به منظور تعیین استانداردهای محیط باشند و یا به منظور تعیین تغییرات موضعی و موقتی گرد و غبار نسبت به گروه‌های خاصی ازنیروی کاری که در معرض آنها قرار گرفته‌اند، انجام گیرند.

اندازه‌گیری‌هایی که به صورت منظم در معادن و تونل‌ها انجام می‌گیرد، بیشتر به منظورحفظ سلامتی نیروی کاری و اطمینان از تطبیق آن با استانداردهای قانونی است.

از زمان کنفرانس ژوهانسبورگ در سال ۱۹۵۹ میلادی، لوازم اندازه‌گیری جدیدی به‌منظور اندازه‌گیری ذرات قابل تنفس (کوچکتر از ۵ میکرون) طراحی شده‌اند. در اغلب این دستگاه‌ها گرد و غبار موجود در هوا به طور پیوسته از درون مجموعه‌ای به نام محفظه‌رسوب[1]، سیکلون[2] یا جت‌های متراکم کننده و فیلترها عبور می‌کنند. به علاوه، در مواقعی‌که انجام بررسی‌های بیشتر و در مدت زمان طولانی‌تری لازم باشد، اغلب ازدستگاه‌هایی استفاده می‌شود که به روش ثقلی بتوانند چندین ساعت کار کنند. روش دیگر

---

*1- elutriator 2- cyclone*

تعیین میزان گرد و غبار، استفاده از مجموعه‌ای از مدارهای الکتریکی است که به‌کمک آنها می‌توان اطلاعات را هم کوتاه مدت و هم دراز مدت جمع‌آوری کرد. مهمترین‌اصلی که در این دستگاه‌ها استفاده شده، اصل تفرق شعاع نوری توسط ذرات غبار است.

جدول ۲-۱۲- خلاصه‌ای از دستورالعمل اندازه‌گیری گازهای مختلف در معادن زیرزمینی

| ردیف | گاز | دستگاه اندازه‌گیری توصیه شده | موقعیت‌دستگاه درحفریه‌معدنی | تناوب اندازه‌گیری |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اکسیژن | دستگاه‌های دیجیتال ویژه<br>دستگاه‌های چندکاره | —— | یکبار در شیفت |
| ۲ | مونواکسید کربن | کپسول‌های ویژه<br>دستگاه‌های دیجیتال ویژه<br>دستگاه‌های چند کاره | سقف حفریه | یکبار در شیفت به طور عام.<br>پس از هرنوبت آتشباری در پیشروی‌ها.<br>دوبار در شیفت در کارگاه‌های استخراج زغال |
| ۳ | دی‌اکسید کربن | کپسول‌های ویژه<br>دستگاه‌های دیجیتال | کف حفریه | یکبار در شیفت |
| ۴ | دی‌اکسید گوگرد | کپسول‌های ویژه.<br>دستگاه‌های دیجیتال ویژه<br>دستگاه‌های چند کاره | کف حفریه | یکبار در شیفت |
| ۵ | سولفید هیدروژن | کپسول‌های ویژه<br>دستگاه‌های دیجیتال ویژه | کف حفریه | معادن غیر سولفیدی یکبار در شبانه روز و معادن حاوی پیریت و سایر سولفیدها یکبار در شیفت |
| ۶ | دی‌اکسید ازت | کپسول‌های ویژه<br>دستگاه‌های چندکاره | کف حفریه | پس از هر نوبت آتشباری |
| ۷ | گاز زغال (متان) | دستگاه‌های عقربه‌ای<br>دستگاه‌های دیجیتال | سقف حفریه | قبل از هر آتشباری در پیشروی‌های معادن زغال دونوبت در شیفت در کارگاه‌های استخراج زغال یکبار در شیفت در تونل‌های برگشت هوا |

به طورکلی می‌توان گفت که در طراحی ابزار دقیق اندازه‌گیری، نکات زیر مدنظر است [۱۲]:

- افزایش استفاده از نمونه‌گیرهای شخصی
- انتخاب وسایلی‌که بتوانند میزان تمرکز ذرات گرد و غبار با ابعاد مختلف را تعیین کنند.
- تشخیص فوری نوع مادهٔ معدنی (بخصوص کوارتز) علاوه بر تعیین میزان تمرکز آن.
- افزایش استفاده از روش تفرق نور به منظور انجام ابزارنگاری پیوسته

### ۲-۵-۱- دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری گرد و غبار

دستگاه‌های اندازه‌گیری گرد و غبار را به چهار گروه شمارش ذرات، روش‌های ثقلی، روش‌های فوتومتریک و نمونه‌گیرهای شخصی تقسیم می‌کنند.

### ۲-۵-۲- تناوب اندازه‌گیری گرد و غبار در بخش‌های مختلف معادن

با توجه به اهمیت گرد زغال در معادن زغال، تناوب اندازه‌گیری در معادن زغال و غیر زغال طی دستورالعمل‌های متفاوتی باید انجام گیرد که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

الف – معادن زغال

برای آنکه از مجاز بودن غلظت گرد زغال در هوای معادن اطمینان به عمل آید، توصیه می‌شود که در کارگاه‌های استخراج، جبهه کارهای پیشروی زغال و هوای برگشتی حداقل یکبار در هر شیفت کاری اندازه‌گیری به عمل آید و نتایج در فرم ویژه‌ای، نظیر

جدول ۲-۱۳- فرم درج نتایج اندازه‌گیری روزانه گازها در قسمت‌های مختلف معدن

| موقعیت ایستگاه اندازه گیری | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ردیف | گاز | تاریخ اندازه‌گیری | ساعت اندازه‌گیری | دستگاه اندازه‌گیری | غلظت اندازه‌گیری شده | |
| | | | | | نوبت‌اول | نوبت‌دوم |
| ۱ | اکسیژن | | | | | |
| ۲ | مونواکسیدکربن | | | | | |
| ۳ | دی‌اکسیدکربن | | | | | |
| ۴ | دی‌اکسیدگوگرد | | | | | |
| ۵ | سولفیدهیدروژن | | | | | |
| ۶ | دی‌اکسید ازت | | | | | |
| ۷ | گاز زغال | | | | | |

نام و امضای مسئول اندازه‌گیری　　نام و امضای سرپرست شیفت

جدول ۲-۱۴- حد مجاز پیشنهادی گرد و غبارهای مختلف در معادن ایران

| نوع گرد و غبار | حد مجاز (میلی گرم در متر مکعب) |
|---|---|
| ذرات کوارتز | ۰/۱ |
| گرد و غبار حاوی بیش از ۷۰ درصد سیلیس آزاد | ۱ |
| گرد و غبار حاوی ۱۰ تا ۷۰ درصد سیلیس آزاد | ۲ |
| گرد زغال حاوی بیش از ۱۰ درصد سیلیس آزاد | ۲ |
| گرد زغال حاوی کمتر از ۱۰ درصد سیلیس آزاد | ۴ |
| گرد زغال | ۲ |
| ذرات هادی اکسیدهای آهن، روی، منگنز و مولیبدن | ۵ |
| ذرات سنگ‌آهک و سنگ‌گچ | ۱۰ |

آنچه‌که در جدول ۲-۱۷ نشان داده شده است، درج شود. قبل از هر نوبت آتشباری نیز باید میزان گرد زغال موجود در هوا تعیین شود و فقط در صورتی که مقدار آن در حدمجاز بود، اجازه آتشباری داده شود.

ب - معادن غیرزغالی

در معادن غیرزغالی و نیز جبهه کارهای پیشروی معادن زغال، باید میزان گرد و غبار موجود در هوا حداقل یکبار در هفته در کلیه نقاطی که تجمع گرد و غبار وجود دارد (مثل جبهه کارهای پیشروی، نقاط بارگیری، پذیرشگاه‌ها و نظایر آن) اندازه‌گیری و نتیجه در جدول‌هایی مشابه جدول ۲-۱۷ درج شود.

## ۲-۶- آئین‌نامه حد مجاز دما و رطوبت در هوا

دما و رطوبت ازجمله مهمترین عوامل مطبوع بودن هوای معادن‌اند. در معادن، به ویژه معادن زیرزمینی، انواع و اقسام عوامل مشکل‌ساز مانند کمی روشنایی، سروصدا، گرد و غبار و نظایر آنها به طور طبیعی وجود دارد و اگر هوا از نظر دما و رطوبت هم مشکلاتی داشته باشد، شرایط کار بسیار مشکل خواهد شد. تنها در مورد معادن کم‌عمق(۵۰ تا ۱۰۰ متر)، عامل اصلی دمای هوای معدن، دمای هوای سطحی است و در حالت‌کلی عوامل مختلفی موجب افزایش دمای هوا می‌شوند.

جدول ۲-۱۵- فرم اندازه‌گیری گرد زغال در معادن زغال

| ردیف | محل اندازه‌گیری | تاریخ و ساعت اندازه‌گیری | دستگاه اندازه‌گیری | میزان گرد زغال موجود در هوا (میلی گرم در متر مکعب) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| نام و امضای مسئول اندازه‌گیری | | | نام و امضای سرپرست شیفت | |

### ۲-۶-۱- شاخص‌های بیان کیفیت هوا از نظر دما و رطوبت

اگرچه در بعضی موارد می‌توان صرفاً با نقل یکی از مشخصه‌های هوا مانند دما و یا رطوبت نسبی، کیفیت آن را بیان کرد ولی درواقع مجموعه سه مشخصه دما، رطوبت‌نسبی و سرعت هوا در ارتباط با هم، کیفیت هوا را به دست می‌دهند. به عنوان مثال ممکن است هوایی با دمای نسبتاً بالا ولی با رطوبت نسبی کم و سرعت زیاد مطبوع باشد، حال آنکه در دمای پایین‌تر از آن، با تغییر دو مشخصه دیگر، نامطبوع تلقی شود.

برای بیان کیفیت هوا از شاخص‌هایی به شرح زیر استفاده می‌شود:

الف - دمای دماسنج خشک[1] ($t_a$)

مقصود از دمای دماسنج خشک، دمایی است که به وسیله دماسنج‌های معمولی اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه اندازه‌گیری دمای هوا با دماسنج‌های معمولی ساده است امااین دما به تنهایی برای بیان کیفیت هوا کافی نیست و باید از شاخص‌های دیگر نیز کمک گرفت.

ب - دمای دماسنج مرطوب[2] ($t_w$)

مقصود از دمای دماسنج مرطوب، دمایی است که به وسیله دماسنجی که محفظه جیوه آن با یک پارچه خیس پوشیده شده است، اندازه‌گیری می‌شود. واضح است که در مورد هوای معمولی غیراشباع، این دما، کمتر از دمای دماسنج خشک است و اختلاف این دو

---

*1- dry – bulb temperature* *2- wet – bulb temperature* *3- kata termometer*

دماسنج، تابع معکوسی از میزان رطوبت هواست. دمای دماسنج مرطوب نسبت به دمای دماسنج خشک نقش بسیار مهمتری در بیان کیفیت هوا دارد.

ج - دماسنج کاتا[1]

دماسنج کاتا، قدرت خنک‌کنندگی هوا را در شرایط مختلف دما، رطوبت نسبی و سرعت، در حول و حوش دمای معمولی بدن، تعیین می‌کند. این دماسنج نوعی دماسنج الکلی است که قسمت پایین آن به صورت یک محفظه استوانه‌ای درآمده است. در بالای محفظه، لوله دماسنج به طول ۲۰ سانتیمتر قرار دارد که در محدوده درجات ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتیگراد مدرج شده است.

دماسنج کاتا را به دو حالت خشک و مرطوب به کار می‌برند. در حالت خشک آن را به شکل معمولی مورد استفاده قرار می‌دهند و در حالت مرطوب، دور محفظه الکل آن را با پارچه‌ای مرطوب می‌پوشانند. مشخصه مهم دماسنج کاتا فاکتور آن است که عبارت از مقدار حرارتی است (برحسب میلی‌کالری) که دماسنج در واحد سطح جانبی محفظه خود ضمن سردشدن در فاصله دماهای ۳۸ تا ۳۵ درجه سانتیگراد از دست می‌دهد. اگر فاکتور دماسنج $F$ و $t$ زمان لازم (برحسب ثانیه) برای رسیدن دما از $38^{\circ}$ به $35^{\circ}$ باشد، قدرت خنک‌کنندگی هوا ( $H$ ) در حول و حوش دماسنج از رابطه زیر به دست می‌آید[۸] :

$$H = \frac{F}{t} \quad \text{میلی‌کالری بر سانتیمتر مربع بر ثانیه} \qquad (۱-۲)$$

د - دمای موثر[2] ( $t_e$ )

این مشخصه، ترکیبی از دما، رطوبت و سرعت هوا را به دست می‌دهد. دمای موثر، عبارت از دمای هوای ساکن و اشباع است که طی آن، همان احساس گرمای فوری به شخص دست دهد که هوای واقعی می‌دهد [۱۲]. البته این ویژگی، یک دمای واقعی نیست و برای تعیین آن باید از فرمول‌ها و یا نمودارهایی که هر سه مشخصه یادشده را دربردارند، کمک گرفت.

در شکل ۲-۲ یک نمونه از این نمودارها نشان داده شده است. برای استفاده از این نمودار، دماهای خشک و مرطوب را بر روی محورهای مربوطه به صورت دو نقطه مشخص کرده و آنها را با یک خط راست به هم وصل می‌کنند تا منحنی نظیر سرعت هوا را در نقطه‌ای قطع کند. با انتقال این نقطه بر روی منحنی دمای موثر، مقدار نظیر آن را قرائت می‌کنند. به عنوان مثال اگر دمای دماسنج‌های خشک و مرطوب به ترتیب $27^{\circ}$ و $18^{\circ}$ و سرعت هوا ۰/۲۵ متر در ثانیه باشد، دمای موثر معادل $21^{\circ}$ به دست می‌آید.

هـ - شاخص دماهای خشک، مرطوب و حباب مرطوب[3] (WBGT)

برای بیان این شاخص که در ارائه کیفیت هوای معادن زیرزمینی کاربرد فراوان دارد، از دو مشخصه دمای دماسنج مرطوب ( $t_w$ ) و دمای حباب کروی مرطوب ( $t_g$ ) استفاده می‌کنند که با اندازه‌گیری این دو ویژگی، شاخص یادشده با رابطه زیر تعریف می‌شود [۱۰و۱۲] :

$$WBGT = ۰/۷\ t_w + ۰/۳\ t_g \qquad (۲-۲)$$

برای اندازه‌گیری دمای مرطوب، دماسنج مرطوب معمولی را به‌طور ثابت در مقابل جریان هوا قرار می‌دهند و گاه آن را به نام دمای مرطوب طبیعی ( $t_{nw}$ ) می‌خوانند. دمای دیگر به وسیله دماسنجی که در مرکز یک کره مسی سیاه تعبیه شده و بدنه آن با پارچه مرطوبی پوشیده شده است، قرائت می‌شود.

---

*1 - effective temperature* *2 - wet-bulb-globe temprature*

اگر گرمای تشعشعی خورشید در محل قابل توجه باشد، دمای دماسنج خشک ($t_d$) نیز قرائت و شاخص مورد نظر با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$WBGT= ۰/۷ t_w + ۰/۲ t_g + ۰/۱ t_d \quad (۲-۲)$$

حسن این شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر در آن است که نیازی به اندازه‌گیری سرعت هوا نیست.

### ۲-۶-۲- حد مجاز پیشنهادی دما و رطوبت برای معادن ایران

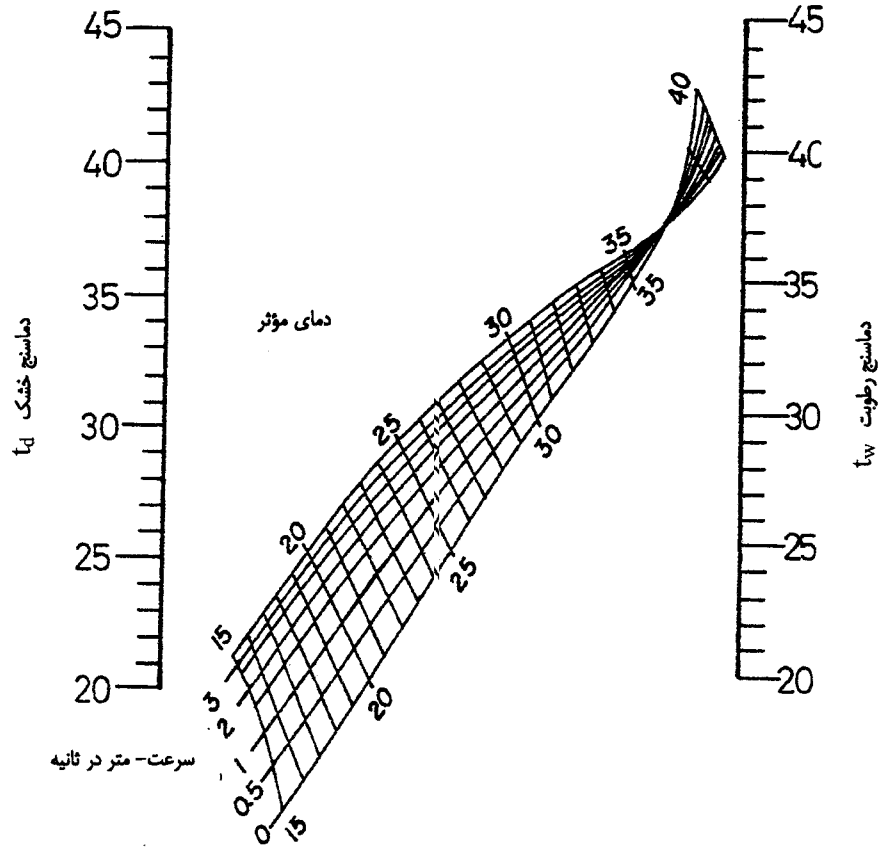
اگرچه در شرایط فعلی، معادن ایران چندان عمیق نیستند و مشکل دمای بالا در اکثر معادن وجود ندارد اما دیر یا زود، این مشکل پیش خواهد آمد. بنابراین شرایط دما، رطوبت و سرعت هوا برای معادن‌ایران به شرح جدول ۲-۱۸ پیشنهاد می‌شود.

## ۲-۷- دستورالعمل اندازه‌گیری دما و رطوبت هوا

برای بررسی وضعیت کیفیت هوای معدن باید دما، رطوبت و سرعت آن را اندازه گرفت. نحوه تعیین سرعت هوا در فصل سوم این آئین‌نامه آمده و نحوه اندازه‌گیری دما و رطوبت به شرح زیر است:

### ۲-۷-۱- اندازه‌گیری دمای هوا

برای اندازه‌گیری دمای هوای معدن می‌توان از دماسنج‌های معمولی استفاده کرد. با این تفاوت که این دماسنج‌ها باید مجهز به پوشش فلزی باشند تا از شکستن آنها جلوگیری شود.




شکل ۲-۲- نمودار محاسبه دمای موثر [۱۲]

برای حصول اطمینان از صحت اندازه‌گیری، باید در هر نوبت دو بار و به فاصله زمانی ۵ تا ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری را انجام داد و اگر نتیجه این دو اندازه‌گیری یکسان بود، آن را به عنوان دمای هوای آن نقطه از معدن، در نظر گرفت.

در جاهایی که آبریزش وجود دارد، اندازه‌گیری را باید در محل‌هایی انجام داد که از ریزش آب بر روی دماسنج جلوگیری شود.

قبل از هر اندازه‌گیری نیز باید دماسنج را به‌دقت خشک کرد.

فواصل زمانی اندازه‌گیری دما، تابع نحوه تغییرات دما است. در معادن عمیق، معمولاً تغییرات دما چندان زیاد نیست و در چنین مواردی، اندازه‌گیری هفتگی کافی است اما درمورد معادن کم عمق و به ویژه در مناطقی که تغییرات دمای هوا شدید است، اندازه‌گیری روزانه دما توصیه می‌شود.

جدول ۲-۱۶- ترکیب مناسب دما، رطوبت نسبی و سرعت هوا برای معادن ایران

| شرایط کار | قدرت خنک‌کنندگی دماسنج کاتا مرطوب | دمای موثر درجه سانتیگراد | WBGI درجه سانتیگراد |
|---|---|---|---|
| سبک | ۱۸ | ۳۲ | ۲۷ |
| متوسط | ۲۵ | ۲۹ | ۲۶ |
| سنگین | ۳۰ | ۲۷ | ۲۵ |

ایستگاه‌های اندازه‌گیری نیز باید در مناطقی که انتظار می‌رود دما در آنجا زیاد باشد، انتخاب شود. این ایستگاه باید در جبهه کارهای پیشروی، کارگاه‌های استخراج، راهرو ورودی هوا و نیز به فواصل یک کیلومتر در تونل‌های حمل و نقل و برگشت هوا در نظر گرفته شود.

### ۲-۷-۲- اندازه‌گیری دمای سنگ‌ها

این اندازه‌گیری به منظور تعیین دمای بکر سنگ‌ها در اعماق مختلف و در نتیجه محاسبه شیب زمین گرمایی منطقه به کار می‌رود و بنابراین جزو اندازه‌گیری‌های مداوم محسوب نمی‌شود.

برای اندازه‌گیری دمای سنگ‌ها، ابتدا در نقطه موردنظر چالی حفر می‌کنند. اگر مقصود تعیین دمای بکر و اولیه سنگ‌ها باشد این چال باید در نقطه‌ای حفر شود که هوای معدن باعث گرم و یا سردشدن سنگ‌ها نشده باشد. پس از حفر چال، دمای سنگ‌ها را به یکی از روش‌های زیر اندازه می‌گیرند[۸] :

الف – استفاده از دماسنج‌های ماکزیمم – مینیمم

در این روش، دماسنج ماکزیمم – مینیمم را در داخل چال قرار می‌دهند. تجربه نشان می‌دهد که دو ساعت پس از خاتمه حفر چال و بیرون آوردن مته، افزایش دمای ناشی ازحفر چال از بین می‌رود و سنگ دمای اولیه خود را بازمی‌یابد. به هرحال، ۲ ساعت پس از خاتمه حفر چال، باید دماسنج را به مدت ۱۲ ساعت در داخل چال قرار داد و پس از این مدت، آن را بیرون آورد و دمای ماکزیمم را قرائت کرد.

ب – استفاده از لوله آب

در این روش، ۲ ساعت پس از خاتمه حفر چال، یک لوله نازک محتوی آب را به مدت ۲۴ ساعت در داخل چال قرار می‌دهند. پس از

این مدت، لوله را باید از چال بیرون آورد و بلافاصله دماسنجی را در داخل آن قرار داد و پس از ۲ دقیقه، دمای آن را قرائت کرد.

ج - استفاده از دماسنج‌های برقی

در صورتی که دماسنج‌های برقی در دسترس باشد، می‌توان آن را در داخل چال قرارداد و دمای آن را قرائت کرد.

**۲-۷-۳- اندازه‌گیری رطوبت هوا**

برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوا از دستگاه‌های رطوبت‌سنج استفاده می‌شود که همگی آنها اساساً مرکب از دو دماسنج خشک و مرطوب‌اند. با اندازه‌گیری دمای این دو دماسنج و تعیین اختلاف آنها، رطوبت نسبی هوا به دست می‌آید. بسته به نحوه کار دستگاه، رطوبت‌سنج‌ها را به دو دسته فلاخنی و تهویه‌دار تقسیم می‌کنند.

# فصل سوم

# آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به جریان هوا

## ۳-۱- آشنایی

مهمترین مشخصه‌های جریان هوا سرعت، فشار و شدت جریان است که در این فصل به ترتیب آئین‌نامه‌های حدمجاز و دستورالعمل‌های محاسبه آنها آمده است.

## ۳-۲- آئین‌نامه حدمجاز سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن

سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن نباید از حدود مشخصی کمتر و یا بیشتر باشد. اگر سرعت هوا از حد مجاز تعیین شده کمتر باشد، هوا قدرت خنک‌کنندگی لازم را نخواهد داشت و بنابراین راندمان کارکنان معدن کاهش‌می‌یابد. از سوی دیگر اگر سرعت هوا از حد معینی بیشتر باشد، سبب تشدید گرد و غباردر حفریات مختلف شده و نیز ممکن است باعث سرماخوردگی کارکنان بشود. واضح است که سرعت هوا در عین حال باید به گونه‌ای باشد که شدت جریان لازم از بخش‌های مختلف معدن عبور کند.

حدمجاز سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معادن براساس آئین‌نامه ایمنی معادن ایران در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۳-۱- حدمجاز سرعت در قسمت‌های مختلف معادن براساس آئین‌نامه ایمنی معادن ایران[۲]

| ردیف | موقعیت | حدمجاز سرعت - متردر ثانیه | |
|---|---|---|---|
| | | حداقل | حداکثر |
| ۱ | کلیه قسمت‌های معدن | ۰/۲۵ | ـــ |
| ۲ | کارگاه استخراج | | ۴ |
| ۳ | تونل‌های دنباله‌رو | | ۶ |
| ۴ | تونل میان‌بر - چاه نفررو - تونل مورب | | ۸ |
| ۵ | چاه باربری | | ۱۰ |
| ۶ | راهرو مخصوص‌بادبزن- چاه تهویه بزرگ با تجهیزات | | ۱۵ |

با توجه به مقررات مندرج در آئین‌نامه ایمنی معادن (جدول ۳-۱)، به نظر می‌رسد که‌آئین‌نامه موجود، شرایط ایمنی لازم را دارد و نیازی به پیشنهاد جدید نیست. بنابراین حدمجاز سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معادن ایران به شرح جدول۳-۱ تعیین می‌شود.

## ۳-۳- دستورالعمل اندازه‌گیری سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن

برای اندازه‌گیری سرعت هوا در قسمت‌های مختلف معدن، روش‌های مختلفی براساس سرعت هوا به شرح زیر وجود دارد:

الف - برای اندازه‌گیری سرعت‌های کم (کمتر از ۰/۲۵ متردرثانیه) استفاده از روی دود توصیه می‌شود.

ب - برای اندازه‌گیری سرعت‌های متوسط (۰/۲۵ تا ۵ متردرثانیه) استفاده ازسرعت‌سنج و بادسنج پره‌دار توصیه می‌شود.

ج - برای اندازه‌گیری سرعت‌های زیاد (بیش از ۵ متردرثانیه( استفاده‌از بادسنج‌های فنجانی و لوله پیتو توصیه می‌شود.

### ۳-۴- دستورالعمل اندازه‌گیری فشار هوا در معدن

معمولاً تغییرات فشار در قسمت‌های مختلف معادن چندان زیاد نیست و مطابق مقررات موجود، حداکثر افت فشار و بنابراین حداکثر اختلاف فشار در نقاط مختلف معدن نباید از ۳۰۰ میلیمتر آب تجاوز کند (معادل ۰/۰۳ آتمسفر). از سوی دیگر آگاهی از اختلاف فشار هوا در دو نقطه معدن بسیار مهم است و یکی از مهمترین ابزار کنترل سیستم تهویه معدن محسوب می‌شود. بدین‌منظور یا فشار هوا را در دو نقطه موردنظر به‌طور جداگانه اندازه می‌گیرند و از تفاوت آنها اختلاف فشار دو نقطه را محاسبه می‌کنند و یا اینکه اختلاف فشار دو نقطه را مستقیماً اندازه می‌گیرند.

### ۳-۵- دستورالعمل محاسبه شدت جریان هوا

با معلوم بودن سرعت متوسط هوا که از یک مقطع حفریه معدنی عبور می‌کند و نیز مشخص بودن سطح مقطع، شدت جریان هوا از رابطه ساده زیر به دست می‌آید:

$$Q = AV \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

$Q$ = شدت جریان هوای عبوری برحسب مترمکعب در ثانیه

$V$ = سرعت متوسط هوا برحسب متر در ثانیه

$A$ = سطح مقطع راهرو در محل اندازه‌گیری برحسب مترمربع

برای محاسبه شدت جریان عبوری هوا، کافی است سرعت هوا و سطح مقطع راهرو مورد نظر محاسبه شود.

در مواردی که مقطع راهرو، به شکل هندسی مشخص باشد، با اندازه‌گیری ابعاد آن، مساحت مقطع به آسانی به دست می‌آید. از آنجا که در بسیاری موارد مقطع راهروها شکل مشخص هندسی ندارد لذا برای تعیین مساحت این مقاطع باید از روش‌های‌تقریبی استفاده کرد.

صرفه نظر از روش محاسبه سطح مقطع، نکته مهمی که باید به هنگام انتخاب موقعیت محل اندازه‌گیری در نظر داشت، توجه به این نکته است که مقطع مورد اندازه‌گیری (برای اندازه‌گیری سرعت و در نتیجه اندازه‌گیری سطح مقطع) باید در جایی انتخاب شود که نیمرخ توزیع سرعت‌ها، به خوبی قوام گرفته باشد. چهارچوب درهای تهویه، که لنگه‌های در آن برداشته شده باشد، از جمله محل‌های بسیار مناسب برای اندازه‌گیری شدت جریان هوا است [۱۲].

### ۳-۶- دستورالعمل محاسبه مقدار هوای لازم برای قسمت‌های مختلف معدن

اولین قدم در راه طراحی شبکه تهویه معادن، محاسبه مقدار هوای لازم برای بخش‌های مختلف معدن است. مهمترین بخش‌های معدن در درجه اول کارگاه‌های استخراج و جبهه کارهای پیشروی و در مرحله بعد، فضاهای دایمی داخل معدن از قبیل تلمبه‌خانه،

تعمیرگاه‌ها، انبارها، نقاط بارگیری، پذیرشگاه‌ها و نظایر آنها است.

در هر یک از بخش‌های یادشده، مقدار هوای لازم براساس موارد زیر محاسبه می‌شود:

الف – هوای لازم براساس تعداد نفرات موجود در هر بخش

ب – هوای لازم برای رقیق کردن گازهای عمومی موجود در معدن مثل مونواکسیدکربن،دی‌اکسیدکربن، اکسیدهای ازت و نظایر آنها

ج – هوای لازم برای رقیق کردن گاز زغال در معادن زغال

د – هوای لازم برای رقیق کردن گازهای حاصل از آتشباری

هـ– هوای لازم برای رقیق کردن گازهای خروجی از اگزوز ماشین‌های دیزلی

و – هوای لازم برای فرونشاندن گرد و غبار

ز – هوای لازم از سایر نظرها برحسب موارد خاص معدن

هوای لازم براساس هر یک از موارد یادشده برای هر بخش معدن، مطابق‌دستورالعمل‌هایی که در این فصل خواهد آمد، محاسبه شده و بزرگترین آنها به عنوان‌هوای آن بخش در نظر گرفته می‌شود زیرا اگر بزرگترین هوای محاسبه شده مدنظر قرارگیرد، از سایر نظرها نیز کافی خواهد بود. پس از تعیین هوای هر بخش از معدن، ازمجموع هوای بخش‌های مختلف، هوای عبوری از شاخه‌ها و در نتیجه هوای کل معدن محاسبه می‌شود. بدیهی است در مورد هر بخش، هوای محاسبه شده باید از نظر میزان نشت و نیز ضریب اطمینان لازم تصحیح شود.

**۳-۶-۱- محاسبه شدت هوای لازم براساس تعداد نفراتی که در هر قسمت از معدن به‌کار مشغول‌اند**

اگرچه مقدار هوای لازم برای تنفس افراد، حتی در مورد کارهای سنگین نیز ۰/۶ الی ۰/۷ مترمکعب در دقیقه است اما از نظر رعایت مقررات زیرزمینی، میزان هوای لازم برای هر یک از افرادی که در معادن زیرزمینی کار می‌کنند، چندین برابر این مقدار درنظر گرفته می‌شود. در جدول ۳-۲ ، مقدار هوای لازم به ازای هر یک از کارکنان معدن براساس مقررات کشورهای مختلف، آمده است.

**جدول ۳-۲- شدت جریان هوای لازم به ازای هر یک از کارکنان معادن زیرزمینی براساس مقررات کشورهای مختلف**

| کشور | ایالات متحده آمریکا | روسیه | اسپانیا | ایران (آئین‌نامه‌ایمنی‌معادن) |
|---|---|---|---|---|
| شدت جریان هوای لازم مترمکعب در قیقه | ۵ | ۶ | ۵ | ۶ |

با مقایسه اعداد جدول ۳-۲ ، شدت جریان هوای لازم برای هر یک از افرادی که در معادن زیرزمینی کار می‌کنند، به میزان ۶ مترمکعب در دقیقه تعیین می‌شود.

اگر چه معمولاً شدت جریان هوایی که برمبنای سایر ویژگی‌ها محاسبه می‌شود، بیش‌از شدت جریان هوای لازم برای تنفس افراد است اما گاه ممکن است، عامل تعیین‌کننده، همین شدت جریان باشد.

به هنگام محاسبه شدت جریان هوای لازم برمبنای تنفس افراد باید حداکثر تعداد نفراتی را مدنظر قرار داد که ممکن است در آن

### ۳-۶-۴- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای حاصل از آتشباری

گازهای حاصل از آتشباری در دو مورد بسیار مهم‌اند و نقش اصلی را در محاسبه شدت جریان هوا به عهده دارند که این دو مورد یکی کارگاه‌های استخراجی است (معمولاً فلزی) که استخراج ماده معدنی با استفاده از مواد منفجره انجام می‌گیرد و دیگری جبهه کارهای پیشروی است.

برای محاسبه مقدار هوای لازم می‌توان از روش مستقیم (استفاده از تناسب) استفاده‌کرد و یا فرمول‌های تجربی موجود در این زمینه را به کار برد. توصیه می‌شود که شدت جریان‌هوای لازم با تمام روش‌ها محاسبه و میانگین آنها به عنوان هوای لازم برای آن قسمت ازمعدن در نظر گرفته شود.

در تمام فرمول‌ها و روش‌ها دو نکته زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- میزان گازهای سمی تولید شده به ازای هر کیلوگرم ماده منفجره از ۴۰ لیتر تجاوز نکند.
- حدمجاز گازهای سمی حاصل از آتشباری ۰/۰۰۸ درصد در نظر گرفته شود.

الف - روش محاسبه مستقیم

در این روش با معلوم بودن سیستم آتشباری و در نتیجه مشخص بودن مقدار ماده منفجره‌ای که در هر نوبت آتشباری منفجر می‌شود، شدت جریان هوای لازم برای رقیق‌کردن گازهای حاصل از آتشباری به روش مستقیم و با استفاده از تناسب ساده محاسبه می‌شود.

اگر $M$ وزن ماده منفجره در هر نوبت آتشباری برحسب کیلوگرم و $a$ حجم گازهای‌سمی حاصل از انفجار هر کیلوگرم ماده منفجره باشد (که معمولاً ۴۰ لیتر و یا ۰/۰۴۰ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود)، بنابراین در هر نوبت آتشباری‌حجم گازهای سمی تولیدی معادل $Ma$ خواهد شد و اگر $C$ غلظت مجاز گازهای حاصل از آتشباری باشد (که معمولاً ۰/۰۰۸ درصد در نظر گرفته می‌شود)، لذا حجم هوای لازم برای رقیق کردن گازها تا حد مجاز از تناسب زیر به دست می‌آید:

$$\begin{matrix}100 & C \\ V & Ma\end{matrix} \quad \Rightarrow \quad V=\frac{100Ma}{C}$$

و اگر $t$ زمانی باشد که طی آن باید گازها تا حد مجاز رقیق شود، در آن صورت شدت جریان هوای لازم خواهد شد:

$$Q=\frac{V}{t}=\frac{100Ma}{Ct} \qquad (۴-۳)$$

اگر به جای a = ۰/۰۴۰ و به جای C = ۰/۰۰۸ قرار دهیم، رابطه به شکل ساده زیردرمی‌آید:

$$Q=\frac{500M}{t} \qquad (۵-۳)$$

ب - فرمول ورونین[1] برای کارگاه‌های استخراج معادن فلزی

در معادنی که استخراج ماده معدنی در کارگاه با استفاده از آتشباری انجام می‌گیرد،شدت جریان هوای لازم را از رابطه زیر می‌توان به

1- V.N Voronin

دست آورد [۱۳]:

$$Q = \frac{۰/۴}{t}\sqrt{MAL} \qquad (۶-۳)$$

که در آن:

$Q$ = شدت جریان هوای لازم برحسب مترمکعب در دقیقه

$A$ = سطح مقطع حفریه معدنی که در آن آتشباری انجام گرفته است برحسب مترمربع

$M$ = وزن ماده منفجره مصرف شده برحسب کیلوگرم

$t$ = زمان تهویه برحسب دقیقه

$L$ = طول قسمتی از حفریه که گازها و دودهای ناشی از آتشباری در آن موثر است، برحسب متر

ج – فرمول موستل[1] برای جبهه کارهای پیشروی که به روش دهشی تهویه می‌شوند

این رابطه به شرح زیر است [۱۳] :

$$Q = \frac{۲۱/۴}{t}\sqrt{MV} \qquad (۷-۳)$$

که در آن:

$Q$ = شدت جریان هوای لازم برای تهویه جبهه کار برحسب مترمکعب در دقیقه

$M$ = وزن ماده منفجره‌ای که در هر نوبت آتشباری مصرف می‌شود برحسب کیلوگرم

$t$ = زمان تهویه برحسب دقیقه

$V$ = حجم قسمتی از تونل در حال پیشروی که باید تهویه شود که خود از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V = AL \qquad (۸-۳)$$

در این رابطه $A$ سطح مقطع تونل و $L$ فاصله‌ای است که قسمت اعظم گازهای سمی ناشی از آتشباری در طول آن متمرکز می‌شود. طول L از رابطه زیر به دست می‌آید [۱۳]:

$$L = ۴۵۰\frac{M}{A} \qquad (۹-۳)$$

این رابطه در موردی صادق است که ضریب اصطکاک $\alpha$ در بن‌بست معادل ۰/۰۰۱۷۵ باشد و اگر ضریب اصطکاک کمتر یا بیشتر باشد، شدت جریان هوای لازم به ترتیب بیشتر و کمتر از حد لازم خواهد شد که باید تصحیح شود.

د – فرمول سنوفونتوا[2] برای جبهه کارهای پیشروی که به روش مکشی تهویه می‌شوند

این رابطه به شرح زیر است [۱۳]:

$$Q = \frac{۶}{t}\sqrt{V(۷۵+M)} \qquad (۱۰-۳)$$

که در آن:

1 - Mustel 2 - Ksenofontova

$Q$ = شدت جریان هوای لازم برحسب مترمکعب در دقیقه

$t$ = مدت زمان تهویه برحسب دقیقه

$V$ = حجم قسمتی از تونل که باید تهویه شود برحسب مترمکعب که از روابط ۳-۱۰ تا ۳-۱۱ محاسبه می‌شود.

$M$ = وزن ماده منفجره‌ای که در هر نوبت آتشباری مصرف می‌شود. برحسب کیلوگرم.

هـ - محاسبه شدت جریان هوای لازم برای جبهه کارهایی که به روش مختلط تهویه می‌شوند

در مواردی که جبهه کار به روش مختلط تهویه می‌شود، بسته به اینکه فاصله لوله تهویه تا جبهه کار ($l$) کمتر یا بیشتر از ۵۰ متر باشد، دو فرمول به شرح زیر وجود دارد.

اگر طول $l$ کمتر از ۵۰ متر باشد، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q = \frac{۱۵/۶}{t}\sqrt{MV} \qquad (۱۱-۳)$$

و اگر $l$ بیشتر از ۵۰ متر باشد، رابطه زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$Q = \frac{۱۱۲}{t}\sqrt{\frac{MV}{t}} \qquad (۱۲-۳)$$

در این فرمول‌ها نیز $M,t,Q$ و $V$ همان مفاهیم روابط قبلی را دارند.

**۳-۶-۵- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای خروجی از اگزوز موتورهای دیزلی**

در مواردی که در راهروهای معادن زیرزمینی و یا کارگاه استخراج بعضی از معادن‌فلزی، ماشین‌های دیزلی به صورت متحرک یا ثابت به کار گرفته می‌شوند، میزان هوای‌لازم برای رقیق کردن گازهای خروجی از اگزوز آنها نیز باید جداگانه محاسبه و با سایر موارد مقایسه شود. در این موارد، معمولاً شدت جریان هوای لازم براساس توان این‌ماشین‌ها محاسبه می‌شود.

شدت جریان هوای لازم از این بابت براساس مقررات کشورهای مختلف در جدول۳-۳ درج شده است.

شدت جریان هوای لازم به ازای هر کیلووات توان ماشین‌های دیزلی در معادن ایران ۰/۰۸ مترمکعب در ثانیه پیشنهاد می‌شود.

**۳-۶-۶- محاسبه شدت جریان هوای لازم براساس فرونشاندن گرد و غبار**

شدت جریان هوا باید به اندازه‌ای باشد که بتواند گرد و غبار موجود در هوا را با خودبه بیرون معدن حمل کند. البته اگر سرعت هوا

**جدول ۳-۳- شدت جریان هوای لازم براساس رقیق کردن گازهای خروجی‌از ماشین‌آلات دیزلی**

| کشور | ایالات متحده آمریکا | کانادا | استرالیا | ایران |
|---|---|---|---|---|
| شدت جریان هوای لازم به ازای هر کیلووات توان ماشین (مترمکعب در ثانیه) | ۰/۰۶-۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ |

از حد معینی بیشتر باشد، این امر خودسبب افزایش گرد و غبار در هوا می‌شود زیرا هوایی که با سرعت حرکت می‌کند، خود سبب می‌شود که گرد و غباری که در اطراف حفریات معدنی رسوب کرده است، حرکت کند و در هوا پراکنده شود.

هوای لازم بدین منظور را می‌توان براساس موارد زیر محاسبه کرد و از بین آنها بیشترین مقدار را برگزید:

الف – محاسبه شدت جریان براساس حداقل سرعت جریان هوا

بررسی‌ها نشان داده است که برای راندن گرد و غبار موجود در تونل‌های در حال پیشروی، حداقل سرعت هوا در روش‌های تهویه مکشی و دهشی به ترتیب نباید از ۰/۶ و ۰/۲ متر در ثانیه کمتر باشد. بنابراین شدت جریان هوای لازم از این بابت را می‌توان براساس حداقل سرعت‌های یادشده محاسبه کرد.

ب – محاسبه شدت جریان براساس تعداد دستگاه‌های چالزنی

شدت جریان هوای لازم برای راندن گرد و غبار ناشی از هر دستگاه چالزنی دستی معمولی ۱ تا ۱/۲ مترمکعب در ثانیه است. بنابراین با توجه به تعداد دستگاه‌های چالزن می‌توان شدت جریان هوای لازم از این بابت را محاسبه کرد.

ج – محاسبه شدت جریان براساس شدت تشکیل گرد و غبار

برای محاسبه شدت جریان هوا براساس شدت تشکیل گرد و غبار، فرمول‌های‌مختلفی در کشورهای مختلف به شرح زیر وجود دارد:
در روسیه از فرمول ساده زیر بدین‌منظور استفاده می‌کنند که برای معادن ایران نیز توصیه می‌شود [۱۳] :

$$Q = \frac{A}{N_2 - N_1} \qquad (۱۲-۳)$$

که در آن:

$Q$ = شدت جریان هوای لازم برحسب مترمکعب در دقیقه

$A$ = شدت تشکیل گرد و غبار که مقدار آن از جدول‌های ۳–۴ و ۳–۵ به دست می‌آید.

$N_1$ = میزان گرد و غبار مجاز موجود در راهرو برگشت هوا که مقدار آن ۴۰۰ ذره در هرسانتیمتر مکعب است.

$N_2$ = میزان گرد و غبار موجود در هوای ورودی به معدن برحسب ذره در سانتیمترمکعب

**۳–۶–۷– محاسبه شدت جریان هوای لازم از سایر نظرها**

علاوه بر جبهه کارهای پیشروی و کارگاه‌های استخراج، بعضی قسمت‌های دیگر نیزدر معدن وجود دارد که باید تهویه شود و بنابراین هوای لازم برای تهویه این قسمت‌ها نیز باید جداگانه محاسبه و در شدت جریان کلی هوای عبوری از شاخه منتهی به آن قسمت، منظور شود. ازجمله این قسمت‌ها می‌توان به انبارهای مواد منفجره داخل معدن، تلمبه‌خانه، کمپرسورخانه زیرزمینی، گاراژ شارژ لکوموتیوهای برقی، استراحتگاه‌های زیرزمینی، و سرویس‌های بهداشتی اشاره کرد.

در حالت کلی شدت جریان هوای لازم برای این قسمت‌ها نیز باید براساس عواملی‌که شرح آنها گذشت، مثل تعداد نفرات، گازهای متصاعد شده و نظایر آنها به طورجداگانه محاسبه و بیشترین آنها به عنوان شدت جریان هوای آن قسمت در نظر گرفته شود.

در کشور روسیه برای انبارهای زیرزمینی مواد منفجره و گاراژ شارژ لکوموتیوها، حداقل شدت جریانی تدوین شده که در جدول‌های ۳–۶ و ۳–۷ آمده است که همین‌اعداد برای معادن ایران نیز توصیه می‌شود. بدیهی است در صورتی که شدت جریان محاسبه شده بیش از اعداد مندرج در این جدول‌ها باشد، باید آنها را در عبارت مدنظر قرار داد.

جدول ۳-۴- مقدار ضریب $A$ برای استفاده از رابطه ۳-۱۲ به هنگام کار دستگاههای چالزنی [۱۳]

| سختی براساس پروتودیاکنوف[1] | حفاری کاملاً استاندارد | | | | حفاری مرطوب معمولی | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\pi p$ -۳۵ * | | $\pi p$ -۲۳ * | | $\pi p$ -۳۵ * | | $\pi p$ -۲۳ * | |
| | $A_{AV}$ | $A$ | $A_{AV}$ | $A$ | $A_{AV}$ | $A$ | $A_{AV}$ | $A$ |
| کانسگ: ۱۰-۶ | ۲۳۲ | ۲۱۶-۲۴۹ | ۱۸۷ | ۱۷۲-۳۰۳ | ۵۱۰ | ۴۶۰-۵۶۱ | ۴۱۳ | ۳۵۶-۴۷۰ |
| کانسگ: ۱۶-۱۰ | ۲۹۶ | ۲۶۰-۳۱۸ | ۲۳۳ | ۲۱۴-۲۵۳ | ۶۶۵ | ۵۹۰-۷۴۰ | ۵۱۰ | ۲۵۶-۵۶۳ |
| سنگ‌های آهن‌دار: ۱۰-۶ | ۲۸۳ | ۲۶۴-۳۰۳ | ۲۱۵ | ۱۹۷-۲۳۳ | ۶۲۰ | ۵۶۶-۷۰۵ | ۴۷۷ | ۴۱۳-۵۲۳ |
| سنگ‌های آهن‌دار: ۱۶-۱۰ | ۴۶۰ | ۴۲۳-۴۹۸ | ۳۴۲ | ۳۱۵-۳۶۸ | ۱۰۰۰ | ۸۸۰-۱۱۲۰ | ۷۱۰ | ۶۳۲-۷۹۰ |

جدول ۳-۵- مقدار ضریب $A$ برای استفاده از رابطه ۳-۱۱ به هنگام کار دستگاههای حفار بارکننده و اسکریپر[۱۳]

| نوع عملکرد و سختی پروتودیاکنوف | بارگیری کانه و سنگ به طریق مرطوب | | بارگیری کانه یا سنگ به طریق خشک | |
|---|---|---|---|---|
| | $A_{AV}$ | $A$ | $A_{AV}$ | $A$ |
| بارکننده سختی: ۱۰-۶ | ۱۸۳ | ۱۷۲-۲۰۴ | ۵۲۵ | ۴۷۱-۵۷۳ |
| بارکننده سختی: ۱۶-۱۰ | ۱۵۹ | ۱۴۷-۱۷۲ | ۴۹۲ | ۴۴۰-۵۴۵ |
| بارکننده اسلربر سختی: ۱۰-۶ | ۲۰۷ | ۱۸۸-۲۲۶ | ۳۵۳ | ۳۲۸-۳۷۸ |
| بارکننده اسلربر سختی: ۱۶-۱۰ | ۱۵۱ | ۱۴۰-۱۶۳ | ۳۰۰ | ۲۶۹-۳۳۲ |

جدول ۳-۶- حداقل شدت جریان هوای لازم برای تهویه انبارهای زیرزمینی مواد منفجره مطابق مقررات روسیه[۸]

| ظرفیت انبار برحسب کیلوگرم | حجم انبار برحسب مترمکعب | میزان هوای لازم جهت تهویه برحسب مترمکعب در دقیقه |
|---|---|---|
| ۱۲۵ | ۴۸۷ | ۳۳ |
| ۵۰۰ | ۸۲۲ | ۵۵ |
| ۱۰۰۰ | ۸۳۲ | ۵۶ |

جدول ۳-۷- حداقل شدت جریان هوای لازم برای تهویه گاراژهای زیرزمینی شارژ لکوموتیوهای برقی مطابق مقررات روسیه [۸]

| تعداد لکوموتیو | حجم گاراژ برحسب مترمکعب | میزان هوای لازم برحسب مترمکعب در دقیقه |
|---|---|---|
| ۲ تا ۳ | ۲۳۴ تا ۳۳۶ | ۱۶ تا ۲۲ |
| ۵ تا ۱۰ | ۵۶۲ تا ۹۶۰ | ۳۸ تا ۶۴ |
| ۱۱ تا ۲۰ | ۱۳۲۰ تا ۱۵۴۰ | ۸۸ تا ۱۰۳ |

## ۶-۸- انتخاب ضریب اطمینان برای شدت جریان‌های محاسبه شده

آنچه که تاکنون گفتیم، محاسبه شدت جریان هوای لازم برای محل‌های کاری مثل‌جبهه کارهای پیشروی، کارگاه‌های استخراج

* استاندارد حفاری در کشور روسیه

1- protodyakonov

و فضاهای زیرزمینی بود. اگر شاخه‌ای از شبکه تهویه مسئولیت تهویه چند قسمت را به عهده داشته باشد (مثلاً چند کارگاه استخراج و یا جبهه کار پیشروی) بدیهی است که اگر حاصل جمع شدت جریان‌های محاسبه شده برای هر یک از این قسمت‌ها به عنوان هوای عبوری از این شاخه در نظرگرفته شود، تهویه به طور کامل انجام نخواهد شد زیرا به علت نشت هوا و نیز مسائلی که‌ممکن است به هنگام محاسبه در نظر گرفته نشده باشد، بخشی از هوا به هدر خواهد رفت. بنابراین شدت جریان محاسبه شده را باید در ضرایب اطمینان مناسبی ضرب کرد و آن را به عنوان شدت جریان هوای عبوری از شاخه مربوطه در نظر گرفت.

ضریب اطمینان لازم برای وضعیت‌های مختلف معادن روسیه در جدول ۳–۸ درج شده است.

**جدول ۳–۸– ضریب اطمینان لازم برای شدت جریان هوا طبق مقررات روسیه[۸]**

| وضعیت‌معدن | ضریب‌اطمینان |
|---|---|
| معادنی که فاقد حفریات معدنی قدیمی در قسمت‌های استخراج شده‌اند | ۱/۴ |
| معادنی که در یکی از بال‌ها دارای حفریات معدنی قدیمی در قسمت‌های استخراج شده‌اند | ۱/۵ |
| معادنی که در هر دو بال در قسمت‌های استخراج شده دارای حفریات معدنی قدیمی هستند | ۱/۶ |

طبق مقررات کشور اسپانیا ضرایب اطمینانی به شرح زیر برای هوای محاسبه شده در نظر گرفته می‌شود [۱۴].

ضریب اطمینان برای محاسبه شدت جریان هوای عبوری از شاخه ۱/۲۵

ضریب اطمینان برای هوایی که باید بادبزن تولید کند ۱/۳

از آنجا که مقررات کشور اسپانیا منطقی‌تر به نظر می‌رسد لذا همین اعداد به عنوان ضریب‌اطمینان محاسبه شدت جریان هوای معادن ایران توصیه می‌شود. به عنوان مثال اگر $Q_0$ شدت جریان هوایی باشد که برای تهویه کارگاه استخراج لازم است، شدت جریان هوای عبوری از راهرو منتهی به این کارگاه ($Q_1$) خواهد شد:

$$Q_1 = ۱/۲۵Q_0 \qquad (۱۳-۳)$$

اگر مجموع هوای راهروهای مختلف معدن که از چاه یا تونل اصلی منشعب می‌شوند ($Q_2$)باشد، شدت جریان هوایی که بادبزن باید تامین کند ($Q_3$) خواهد شد:

$$Q_3 = ۱/۳Q_2 \qquad (۱۴-۳)$$

# فصل چهارم

# آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به سیستم تهویه معادن

## ۴-۱- آشنایی

پس از محاسبه شدت جریان هوای لازم برای قسمت‌های فعال معدن، باید باتوجه به شرایط موجود، سیستم مناسب را برای تهویه معدن انتخاب کرد و به بیان دیگر، مشخص ساخت که کدامیک از روش‌های دهشی یا مکشی، صعودی یا نزولی و مرکزی یا کناری برای معدن مناسب‌تر است. همچنین باید سیستم توزیع هوا در معدن را به‌گونه‌ای طراحی کرد که تمام قسمت‌های فعال معدن به طور مستقل تهویه شوند و هوای بازگشتی از آنها بدون تداخل با هوای تازه به مسیر خروجی هوا هدایت شود.

پس از این مرحله، شدت جریان هوای عبوری از هر یک از شاخه‌ها تعیین و مقاومت شاخه‌ها و در نتیجه افت فشاری که در اثر عبور هوای موردنظر در شاخه به وجودمی‌آید، محاسبه می‌شود.

برای اینکه هوای موردنظر در تمام قسمت‌های شبکه به میزان دلخواه و در جهت موردنظر به جریان افتد باید شبکه را تعدیل کرد. پس از تعدیل شبکه، با توجه به نشت‌هوا، شدت جریان و افت فشار کلی شبکه به دست می‌آید. در مواردی که تهویه طبیعی قابل توجه باشد، بخشی از فشار لازم به کمک تهویه طبیعی حاصل می‌شود و بقیه آن که در واقع بخش اصلی را تشکیل می‌دهد، به وسیله بادبزن تامین خواهد شد.

## ۴-۲- دستورالعمل انتخاب سیستم تهویه

برای انتخاب سیستم تهویه مناسب، ابتدا باید نقشه سیستم استخراج معدن برای مرحله مورد نظر تهیه شود. در این نقشه، جزئیات سیستم استخراج موردنظر نیست بلکه باید حاوی کلیه راهروها و حفریات معدنی لازم برای سیستم استخراج باشد.

در اولین مرحله باید مشخص کرد که آیا تمامی شبکه معدن از نظر تهویه هم باید به عنوان یک شبکه واحد در نظر گرفته شود و یا اینکه بهتر است آن را به دو یا چند شبکه مجزا تقسیم کرد. عکس این حالت نیز صادق است. به عنوان مثال ممکن است دو طبقه معدن که هر دو در حال استخراج‌اند و از نظر سیستم استخراج دو بخش مختلف محسوب می‌شوند، از نظر تهویه، به عنوان یک شبکه واحد تهویه شوند. پس از این مرحله باید سیستم مناسب تهویه برای معدن انتخاب شود.

### ۴-۲-۱- سیستم صعودی و نزولی

اصولاً توصیه بر آن است که سیستم تهویه معدن، به ویژه معادن زغال از نوع صعودی انتخاب شود. بدین‌معنی که هوا از طریق چاه یا تونل ورودی هوا به پایین‌ترین بخش معدن هدایت شود و حرکت آن در داخل معدن در همه‌جا افقی و یا روبه بالا باشد. این امر سبب می‌شود که جریان هوای تهویه و حرکت گازهای سمی و قابل انفجار، که عموماً از هوا سبک‌ترند، در یک جهت باشد.

در معادن فلزی عمیق، که هوا قبل از ورود به معدن سرد می‌شود، سیستم صعودی مشکلاتی دارد. در حال حاضر در معادن ایران، استفاده از سیستم صعودی توصیه می‌شود.

### ۴-۲-۲- سیستم مرکزی و کناری

اگر در طرح استخراج معدن، چندین چاه و یا تونل اصلی پیش‌بینی شده باشد، از تمام آنها باید به عنوان راه ورود یا خروج هوا استفاده کرد. در چنین مواردی، در صورت امکان باید از سیستم کناری کمک گرفت زیرا سبب می‌شود افت فشار کلی شبکه تهویه و نیز نشت هوا کمتر شود.

### ۴-۲-۳- سیستم دهشی و مکشی

در معادن زغال توصیه می‌شود که همواره روش مکشی به کار گرفته شود زیرا در مواردی که به عللی بادبزن از کار بیفتد، خطر کمتری دارد. در معادن فلزی به ویژه در مورد معادنی که هوای خروجی از آنها حاوی گازهای خورنده (مثل دی‌اکسید گوگرد و سولفید هیدروژن) است، استفاده از روش دهشی مناسب‌تر است زیرا از بروز صدمه به پره‌های بادبزن جلوگیری می‌شود. در بسیاری از معادن زغال ایران با وجود ارجح بودن روش مکشی، به علت متمرکز بودن تاسیسات تهویه، از روش دهشی اما به حالت صعودی استفاده شده است. در مواردی که استفاده از روش مکشی مستلزم به کارگیری روش نزولی باشد، این امرتوصیه نمی‌شود و در هرحال حرکت هوا در معدن باید صعودی باشد.

## ۴-۳- دستورالعمل انتخاب مسیر حرکت هوا در شبکه تهویه

پس از انتخاب سیستم تهویه، باید مسیر حرکت هوای تازه و آلوده در شاخه‌های مختلف معدن به ترتیب با رنگ‌های آبی و قرمز مشخص شود. مسیر حرکت هوا باید به گونه‌ای انتخاب شود که به هرکدام از مناطق فعال معدن شامل کارگاه‌های استخراج، جبهه کارهای پیشروی، فضاهای زیرزمینی فعال و نظایر آن، به‌طور مستقل هوای تازه برسد. هیچگاه نباید هوای برگشتی از یک کارگاه یا جبهه کار، برای تهویه بخش دیگر در نظر گرفته شود. ،همچنین مسیر حرکت هوای آلوده باید به گونه‌ای انتخاب شود که هواهای تازه و آلوده با یکدیگر تلاقی نکنند و کلیه هواهای آلوده از مسیر مشخصی در نهایت به چاه یا تونل خروجی هدایت شود.

اگرچه در حالت کلی باید حتی‌المقدور از شبکه موجود استخراج برای تهویه استفاده کرد ولی گاه لازم می‌شود که به منظور حفظ شرایط ایمنی و رساندن هوای تازه به طور مستقل به کارگاه‌ها و جبهه کارهای پیشروی، حفریات ویژه‌ای را به منظور انجام صحیح تهویه حفر کرد و یا تغییراتی در سیستم استخراج معدن به وجود آورد.

## ۴-۴- دستورالعمل تهیه نقشه مبنای تهویه

پس از مشخص شدن مسیر حرکت هوا در نقشه سیستم استخراج، باید نقشه مبنای سیستم تهویه معدن را تهیه کرد. در این نقشه، کلیه حفریات معدنی موجود در شبکه استخراج به صورت شاخه‌های ساده‌ای نمایانده می‌شود. در نقشه مبنای تهویه، هر قسمت از شبکه استخراج که مشخصات آن از دیدگاه تهویه (سطح مقطع، شکل مقطع، زبری سطح، سیستم نگهداری و نظایر آن) ثابت است، به صورت یک شاخه و محل تقاطع شاخه‌ها با یک گره نشان داده شده و شماره‌گذاری می‌شود.

در مواردی که برای هدایت و انتقال هوای آلوده به بیرون از معدن راه‌های متعددی وجود دارد، از تمام آنها باید برای هدایت هوا استفاده کرد زیرا این کار سبب می‌شود که مسیر خروجی هوا به جای یک مسیر پر مقاومت سری، به چندین مسیر کم مقاومت موازی تبدیل شود که پیامد آن، کاهش افت فشار کلی شبکه و در نتیجه کاهش مصرف انرژی است.

پس از تکمیل نقشه مبنا و تعیین جهت جریان هوا در شاخه‌های آن، میزان هوای لازم برای قسمت‌های فعال معدن، به ترتیب بند ۳-۶ در فصل سوم محاسبه و با توجه به ضریب اطمینان مناسب، تصحیح و بر روی نقشه نوشته می‌شود. با مشخص شدن شدت جریان قسمت‌های فعال، شدت جریان شاخه‌های شبکه نیز تعیین و بر روی نقشه درج می‌شود.در آخرین مرحله، سرعت عبور هوا در شاخه‌های مختلف شبکه نیز محاسبه و با حد مجاز مقایسه می‌شود. در صورتی که سرعت جریان هوا در یک یا چند شاخه از حد مجاز بیشتر باشد، باید مجدداً سیستم توزیع هوا را تغییر داد و هوا را به گونه‌ای درشاخه‌ها هدایت کرد که سرعت هوا از حد مجاز تجاوز نکند. گاه ممکن است هیچ راهی‌به جز تعریض بعضی از شاخه‌ها وجود نداشته باشد. در چنین مواردی باید با گروه طراحی معدن مشورت کرد و امکان تعریض را مورد بررسی قرار داد.

## ۴-۵- دستورالعمل محاسبه مقاومت شاخه‌های شبکه تهویه

از آنجا که در کشور ما برای مسائل تهویه از سیستم متریک یعنی سیستمی که یکای اصلی آن نیرو است استفاده می‌شود لذا در زیر چگونگی محاسبه مقاومت در این سیستم و میزایم si تشریح می‌شود.

### ۴-۵-۱- محاسبه مقاومت اصطکاکی در سیستم متریک

در این سیستم مقاومت اصطکاکی هر یک از شاخه‌های شبکه تهویه از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R_f = \alpha \frac{l_p}{A^3} \qquad (۱-۴)$$

که در آن:

$R_f$ = مقاومت اصطکاکی شاخه برحسب کیلومورگ

$\alpha$ = ضریب اصطکاک در سیستم متریک

$l$ = طول شاخه برحسب متر

$p$ = محیط شاخه برحسب متر

$A$ = سطح مقطع شاخه برحسب مترمربع

بعد فیزیکی ضریب اصطکاک $\alpha$ به صورت زیر و مقدار آن درسیستم‌های آحاد مختلف، متفاوت است:

$$\alpha = \frac{FT^2}{L^4} = \frac{M}{L^3} \qquad (۲-۴)$$

در این رابطه $F$ نماد نیرو، $L$ نماد طول و $M$ نماد جرم است.

بعد فیزیکی مقاومت نیز به صورت زیر است:

$$R = \frac{FT^2}{L^8} = \frac{M}{L^5} \qquad (۳-۴)$$

اگر مقاومت شاخه برحسب کیلومورگ بیان شود، افت فشار شاخه برحسب میلیمترآب به دست می‌آید. به طوری که از رابطه ۴-۱ پیداست، تنها عامل مهم در این موردمحاسبه ضریب اصطکاک $\alpha$ است و با معلوم بودن آن، مقاومت حفریه به سادگی محاسبه

می‌شود.

الف – حفریات معدنی که با قاب‌های چوبی نگهداری می‌شوند

در مورد این حفریات، ضریب $\alpha$ از رابطه زیر موسوم به رابطه وروبنین[1] محاسبه می‌شود[۸] :

$$\alpha = \frac{۱۰^{-۴}}{(۰/۲۱ + ۰/۱۱ \log \frac{\varepsilon}{m_۱ m_۲ \Delta})} \qquad (۴-۴)$$

که در آن:

$$\varepsilon = \frac{۰/۴۸ \sqrt{A}}{d}$$

$$\Delta = \frac{l}{d}$$

$$m_۱ = ۱ + \frac{۰/۰۷}{\Delta} - \sqrt{\frac{۰/۱۴}{\Delta}}$$

در این روابط $A$ سطح مقطع حفریه، $d$ قطر چوب‌ها، $l$ فاصله دو قاب چوبی متوالی است.

$m_۲$ = نسبت بین قسمت چوب‌بست شده محیط حفریه معدنی به تمامی محیط آن

ب – حفریات معدنی که با قاب‌های فلزی نگهداری می‌شوند

برای محاسبه ضریب اصطکاک در این مورد از رابطه کاشی بادزه به شرح زیراستفاده می‌شود:

$$\alpha = \frac{۱۰^{-۴}}{(a + b \log \frac{۲A}{pl})^۲} \qquad (۵-۴)$$

که در آن:

$a$ و $b$ = ضرایبی که از جدول ۴–۱ به دست می‌آیند

$A$ = سطح مقطع حفریه معدنی در داخل قاب برحسب مترمربع

$p$ = محیط داخلی قاب برحسب متر

$l$ = فاصله بین دو قاب مجاور برحسب متر

**جدول ۴–۱– ضرایب a و b برای استفاده از رابطه ۴–۵ [۸]**

| نوع قاب فلزی | a | b |
|---|---|---|
| قاب فلزی قوسی | ۰/۱۳۵ | ۰/۲ |
| قاب فلزی ذوزنقه | ۰/۱۳۵ | ۰/۲ |
| قاب ذوزنقه با ستون بتنی وکلاهک فولادی | ۰/۲۰ | ۰/۱۲ |

1- *Voronin*

ج – حفریات معدنی که در آنها نوار نقاله نصب شده است

در مواردی که در داخل حفریه نوار نقاله نصب شده باشد، از فرمول دیگر کاشی بادزه به شرح زیر برای محاسبه ضریب $\alpha$ استفاده می‌شود [۸] :

$$\alpha = \frac{m}{A-B} + n \qquad (۶-۴)$$

که در آن:

$A$ = سطح مقطع حفریه برحسب مترمربع

$m$ ،$B$ و $n$ = ضرایبی که در هر مورد از جدول ۴-۲ به دست می‌آیند.

**جدول ۴-۲- مقادیر ضرایب $m$ ،$B$ و $n$ برای استفاده از رابطه ۴-۶[۸]**

| نوع نوار باربری | نوع وسیله نگهداری | $l/d$ | $m$ | $B$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| نوار عریض ۷۰۰ میلیمتر | بتن | — | ۶۹۳ | -۱۰/۳ | -۱۸/۶ |
| نوار عریض ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر | بتن | — | ۱۴۸۰ | -۱۹/۷ | -۳۱/۹ |
| نوار عریض ۷۰۰ میلیمتر | قاب فولادی | ۳ | ۴۷۶ | -۵/۵۴ | -۹/۱ |
| نوار عریض ۷۰۰ میلیمتر | قاب فولادی | ۴ | ۵۳۳ | -۵/۰۵ | -۸/۷۱ |
| نوار عریض ۱۰۰۰ میلیمتر | قاب فولادی | ۳ | ۳۷۵ | -۰/۲۴ | -۷/۶۱ |
| نوار عریض ۱۰۰۰ میلیمتر | قاب فولادی | ۴ | ۴۶۵ | -۰/۵۹۲ | -۸/۳۵ |
| نوار عریض ۱۰۰۰ میلیمتر | قاب فولادی | ۶ | ۵۳۰ | -۰/۴۷۵ | -۸/۷۵ |
| ناو اسکریپر | قاب فولادی | ۳ | ۱۹۰ | -۳/۸۰ | -۱/۱۲ |
| ناو اسکریپر | قاب فولادی | ۴ | ۱۶۶ | -۲/۰۱ | ۱/۹۳ |
| ناو اسکریپر | قاب فولادی | ۶ | ۱۹۷ | -۱/۵۲ | ۳/۳ |
| نوار عریض ۷۰۰ میلیمتر | قاب چوبی سه تکه | ۳ | ۳۶۰ | -۵/۰ | -۵/۵ |
| نوار عریض ۷۰۰ میلیمتر | قاب چدنی سه تکه | ۴ | ۳۹۸ | -۴/۶ | -۴/۷ |
| نوار عریض ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر | قاب چوبی سه تکه | ۳ | ۲۱۱ | ۰/۷۵ | -۰/۸۸ |
| نوار عریض ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر | قاب چوبی سه تکه | ۴ | ۲۵۵ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ |
| ناو اسکریپر | قاب چوبی سه تکه | ۳ | ۱۲۵ | -۲/۶۷ | ۱/۳۲ |
| ناو اسکریپر | قاب چوبی سه تکه | ۴ | ۱۳۰ | -۲/۲۹ | ۲/۴۲ |
| ناو اسکریپر | قاب چوبی سه تکه | ۶ | ۱۶۵ | -۲/۷۸ | ۲/۲۴ |

د – حفریات معدنی با مقطع دایره، که با پوشش بتنی، آجرکاری و یا سنگ‌کاری نگهداری می‌شوند

در مواردی که حفریات معدنی با مقطع دایره به وسیله بتن، بلوک‌های بتنی، آجرکاری و یا سنگ‌کاری نگهداری می‌شوند، ضریب اصطکاک $\alpha$ از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۸] :

$$\alpha = \frac{۰/۰۱۵}{(۱/۷۴ + ۲\ \log\frac{d}{d_۰})^۲} \qquad (۷-۴)$$

که در آن:

$d$ = قطر حفریه معدنی برحسب متر

$d_0$ = ارتفاع ناهمواری‌های سطح داخلی حفریه برحسب متر که از جدول ۴-۳ به دست می‌آید.

جدول ۴-۳- مقادیر $d_*$ برای استفاده از رابطه ۴-۷ [۸]

| نوع پوشش کار معدنی | اندازه $d_*$ برحسب متر |
|---|---|
| بتن صاف | ۰/۰۰۰۲۵ |
| بتن خشن | ۰/۰۰۰۷۰ |
| آجرکاری | ۰/۰۰۱۳۰ |
| پوشش سنگی | ۰/۰۰۸۰۰ |
| پوشش سنگی خشن | ۰/۰۲۰۰۰ |

هـ - حفریات معدنی غیردایره‌ای که با پوشش بتنی، آجرکاری و یا سنگ‌کاری نگهداری می‌شوند

در مورد این حفریات از رابطه زیر استفاده می‌شود[۸] :

$$\alpha = \frac{۰/۰۱۵}{(۱/۷۴ + ۱۶/۳ \log \frac{۴/۸\sqrt{A}}{d_*})^۲} \qquad (۴-۸)$$

که در آن:

$A$ = سطح مقطع حفریه برحسب متر

$d_*$ = اندازه ناهمواری‌های سطح داخلی برحسب متر که اندازه آن از جدول ۴-۳ به دست می‌آید.

و - ضریب اصطکاک تونل‌های زغالی بدون سیستم نگهداری

ضریب اصطکاک انواع مختلف تونل‌های زغالی از جدول ۴-۴ به دست می‌آید.

جدول ۴-۴- اندازه ضریب اصطکاک $\alpha$ در مورد تونل‌های زغالی فاقد سیستم نگهداری[۸]

| نوع کار معدنی | ضریب اصطکاک $\alpha$ |
|---|---|
| تونل‌های میان‌بر حفر شده در سنگ | ۰/۰۰۰۱۰ |
| تونل‌های امتدادی حفرشده در سنگ | ۰/۰۰۰۸ |
| تونل‌های دنباله‌رو زغال | ۰/۰۰۰۵–۰/۰۰۰۸ |
| تونل‌های عبور هوا حفرشده در زغال | ۰/۰۰۰۸ |

ز - تونل‌های سنگی بدون سیستم نگهداری

ضریب اصطکاک این تونل‌ها از جدول ۴-۵ به دست می‌آید.

ح - حفریات معدنی بزرگ با پوشش بتنی یا آجری

ضریب اصطکاک این‌گونه حفریات از جدول ۴-۶ به دست می‌آید.

جدول ۴-۵- ضریب اصطکاک تونل‌های سنگی فاقد سیستم نگهداری[۸]

| نوع کار معدنی | ضریب اصطکاک $\alpha$ |
|---|---|
| تونل عبور هوا که در امتداد رگه حفر شده است | $۱۰^{-۴}\times$ (۱۲ تا ۱۰) |
| تونل عبور هوا که عمود بر امتداد رگه حفر شده است | $۱۰^{-۴}\times$ (۱۷ تا ۱۳) |
| تونل عبور هوا که در جهت شیب رگه حفر شده است | $۱۰^{-۴}\times$ (۲۲ تا ۲۰) |

جدول ۴-۶- ضریب اصطکاک $\alpha$ برای حفریات معدنی بزرگ با پوشش بتنی یا آجری[۸]

| شرح | ضریب اصطکاک $\alpha$ |
|---|---|
| پوشش بتنی صاف | $۱۰^{-۴}\times$ (۴ تا ۳) |
| پوشش بتنی نسبتاً صاف | $۱۰^{-۴}\times$ (۷ تا ۵) |
| آجرکاری ساده | $۱۰^{-۴}\times$ (۴ تا ۳) |
| آجرکاری با اندود سیمانی | $۱۰^{-۴}\times$ (۳ تا ۲/۵) |

ط – حفریات معدنی که با قطعات بتنی پیش‌ساخته نگهداری می‌شوند

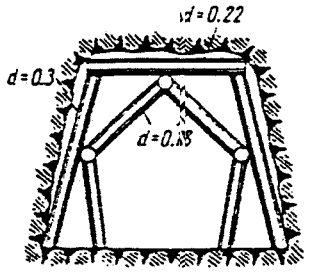
در مورد این حفریات، ضریب اصطکاک از جدول ۴-۷ محاسبه می‌شود.

جدول ۴-۷- ضریب اصطکاک حفریات معدنی که با قطعات بتنی پیش‌ساخته نگهداری می‌شوند[۸]

| نوع نگهداری | سطح مقطع مترمربع | فاصله قابها برحسب متر | ضریب $\alpha\times۱۰^{-۴}$ |
|---|---|---|---|
| قاب‌های بتنی مرکب از پایه و ستون با مقطع مستطیل که در هر دو انتها گیردار است | ۵/۱ | ۰/۵۵ | ۱۱ |
| | | ۰/۷۵ | ۱۳ |
| | | ۱ | ۲۱ |
| | | ۱/۱۴ | ۲۱ |
| | | ۱/۱۴ | ۱۹ |
| | | ۱/۳۴ | ۱۸ |
| قاب‌های بتنی مرکب از پایه‌ها و ستون با مقطع T که در هر دو انتها گیردار است | ۵ | ۰/۹۴ | ۹ |
| | | ۱/۱۴ | ۹ |
| | | ۱/۳۴ | ۷ |
| قاب‌های بتنی مرکب از پایه و ستون با مقطع T و همراه با پایه مرکزی | ۷/۸ | ۱/۱۴ | ۲۳ |
| | | ۱/۳۴ | ۲۲ |
| قاب بتنی مرکب از چهار مفصل | ۵–۸ | ۰/۳۲ | ۱۰/۷ |
| | | ۰/۵۰ | ۱۴ |
| | | ۰/۶۴ | ۱۷/۴ |
| | | ۱ | ۱۹ |
| قاب بتنی چندضلعی | ۸–۱۱/۵ | ۰/۳۲ | ۱۰ |
| | | ۰/۵۰ | ۱۲/۵ |
| | | ۰/۶۴ | ۱۳ |
| | | ۱ | ۱۶/۵ |

ی – حفریات معدنی با چوب‌بست تقویت شده

در مواردی که حفریه معدنی با سیستم چوب بست تقویت شده نگهداری می‌شود (شکل ۴–۱) و سطح مقطع آن حدود ۶ مترمربع باشد، ضریب اصطکاک آن را به طور متوسط $\alpha = ۰/۰۰۶۳$ در نظر می‌گیرند [۸].




شکل ۴–۱– حفریه معدنی با سیستم چوب‌بست تقویت شده[۸]

ک – حفریات معدنی با دیواره‌های بتنی و سقف تیرآهن

در مواردی که سطح مقطع حفریه معدنی حدود ۶ مترمربع باشد و دیوارهایش با پوشش بتنی و سقف آن با تیرآهن نگهداری شود، بسته به شماره تیرآهنی که برای نگهداری سقف آن به کار رفته است، ضریب اصطکاک را می‌توان از جدول ۴–۸ به‌دست آورد. اگر سطح مقطع حفریه ۴ مترمربع باشد ۰/۳ تا ۰/۴ و اگر ۳ مترمربع باشند ۰/۴ تا ۰/۵ از اعداد مندرج در جدول کسر می‌شود.

جدول ۴–۸– ضریب اصطکاک حفریات معدنی با دیواره بتنی و سقف تیرآهن[۸]

(اعداد مندرج در این جدول را باید در ضریب $۱۰^{-۴}$ ضرب کرد)

| شماره تیرآهن | $\frac{l}{d} = \frac{\text{فاصله دو قاب}}{\text{شماره تیر آهن}}$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۲ | ۳ | ۵ | ۶ | ۸ |
| ۱۲ | ۷/۱۵ | ۸ | ۸/۸ | ۹/۲ | ۹ |
| ۱۴ | ۷/۷ | ۸/۲ | ۹/۱ | ۹/۵ | ۹/۳ |
| ۱۶ | ۷/۸ | ۸/۴ | ۹/۳ | ۹/۷ | ۹/۵ |
| ۱۸ | ۸ | ۸/۵ | ۹/۵ | ۱۰ | ۹/۸ |

ل – حفریات معدنی با پایه تقویت اضافی

در مواردی که علاوه بر چوب‌بست موجود در حفریه معدنی، یک پایه تقویتی اضافی‌نیز با همان قطر در وسط قاب چوب‌بست نصب شده باشد، بسته به قطر چوب‌ها، ضریب اصطکاک $\alpha$ را از جدول ۴–۹ به دست می‌آورند.

م – کارگاه استخراج

ضریب اصطکاک کارگاه‌های استخراج را معمولاً بین $۱۰^{-۴} \times ۴۰$ تا $۱۰^{-۴} \times ۵۰$ در نظر می‌گیرند [۸].

جدول ۴-۹- ضریب اصطکاک حفریات معدنی با پایه تقویت اضافی[۸]

(اعداد حاصل از این جدول را باید در ضریب $10^{-4}$ ضرب کرد)

| قطر چوب‌ها برحسب سانتیمتر | $\frac{l}{d}=\frac{\text{فاصله بین دو قاب}}{\text{قطر چوب}}$ | | |
|---|---|---|---|
| | ۴ | ۶ | ۸ |
| ۱۸ | ۴۳ | ۴۰ | ۳۷ |
| ۲۰ | ۴۲ | ۴۱ | ۳۹ |
| ۲۴ | ۴۶ | ۴۳ | ۴۰ |

### ۴-۵-۲- محاسبه مقاومت اصطکاکی در سیستم آحاد بین‌المللی (Si)

در سیستم بین‌المللی، مقاومت حفریات معدنی از رابطه زیر به دست می‌آید [۲۰] :

$$R=\frac{KlP}{A^{۳}} \qquad (۹-۴)$$

که در آن:

$R$ = مقاومت شاخه در سیستم بین‌المللی

$l$ = طول شاخه برحسب متر

$P$ = محیط شاخه برحسب متر

$A$ = مساحت شاخه برحسب مترمربع

$K$ = ضریب اصطکاک برحسب سیستم $Si$

ضریب $K$ از رابطه ۴-۱۰ بدست می‌آید [۲۰] :

$$K=\frac{\rho f}{۲} \qquad (۱۰-۴)$$

که در آن $f$ ضریب بدون بعد اصطکاک در سیستم Si است که مقادیر آن از جدول ۴-۱۰ به دست می‌آید و $\rho$ جرم مخصوص هوای در حال حرکت در شاخه برحسب کیلوگرم برمترمکعب است. اگر مقاومت شاخه برحسب سیستم Si و شدت جریان عبوری از آن برحسب‌مترمکعب در ثانیه بیان شود، افت فشار شاخه برحسب پاسکال به دست می‌آید.

### ۴-۵-۳- محاسبه مقاومت‌های موضعی در سیستم متریک

مقاومت‌های موضعی موجود در مسیر حرکت هوا در شاخه در سیستم متریک از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۸]:

$$R_l=\frac{\xi\gamma}{۲gA^{۲}} \qquad (۱۲-۴)$$

که در آن:

$R_l$ = مقاومت موضعی برحسب کیلومورگ

$\gamma$ = وزن مخصوص هوا برحسب کیلوگرم نیرو بر مترمکعب

جدول ۴-۱۰- مقادیر ضرایب اصطکاک k و f در سیستم بین‌المللی [۲۰]

| حفریات زیرزمینی | k $kg/m^3$ | f (بدون بعد) |
|---|---|---|
| **راهروهای مستطیلی** | | |
| آستری بتنی صاف | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۶۷ |
| شاتکریت | ۰/۰۰۵۵ | ۰/۰۰۹۲ |
| بدون آستری با ناهمواری کم | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۵ |
| کلاهک چوبی بر روی دیواره سنگ‌کاری یا بتن | ۰/۰۰۹۵ | ۰/۰۱۵۸ |
| بدون آستری بدون ناهمواری قابل توجه | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۰ |
| بدون آستری با دیواره‌ای نامنظم | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۲۳ |
| بدون آستری، زبر تا وضعیت نامنظم | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۲۷ |
| ستون و کلاهک چوبی | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۲ |
| تونل‌های دنباله‌رو با دیواره زبر | ۰/۰۴ | ۰/۰۶۷ |
| **راهروهای با قاب فلزی** | | |
| در تمام اطراف بتن صاف | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۶۷ |
| در تمام اطراف آجرکاری | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۰ |
| لارده چوبی یا بتنی بین قاب‌ها در تمام قسمت | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۱۲۵ |
| لارده چوبی یا بتنی موضعی | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۵ |
| لارده در پشت قاب | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۰ |
| قاب‌های با انحراف کم | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۲۷ |
| **چاه** | | |
| آستری صاف | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ |
| آجرکاری | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۶۷ |
| آستری بتنی | ۰/۰۰۶۵ | ۰/۰۱۰۸ |
| آجرکاری همراه با لوله | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۱۲۵ |
| بدون آستری، نسبتاً هموار | ۰/۰۱ | ۰/۰۱۶۷ |
| بدون آستری، بدون ناهمواری مهم | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۰ |
| بدون آستری، پیچ سنگ و توری | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۲۳ |
| آستری فلزی | ۰/۰۱۴-۰/۰۰۷ | ۰/۰۲۳-۰/۰۰۱۲ |
| آجرکاری در دو طرف | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۳۰ |
| **کارگاه استخراج جبهه‌کار بلند دارای نوارنقاله و پایه‌ای قدرتی** | | |
| شرایط خوب، دیواره صاف | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۵۸ |
| شرایط معمولی کارگاه‌های زغال | ۰/۰۵ | ۰/۰۸۳ |
| سطح زبر و ناهموار | ۰/۰۶۵ | ۰/۱۰۸ |
| **لوله‌های تهویه** | | |
| لوله‌های قابل انعطاف معمولی | ۰/۰۰۳۷ | ۰/۰/۰۶۲ |
| لوله‌های قابل انعطاف که با مفتول فولادی تقویت شده | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۸ |
| لوله‌های با ورق گالوانیزه | ۰/۰۰۲۱ | ۰/۰۰۳۵ |

$g$ = شتاب جاذبه برحسب متر بر مجذور ثانیه

$A$ = مساحت شاخه برحسب مترمربع

$\xi$ = ضریب افت موضعی که بدون بعد است و مقدار عددی آن در مورد پدیده‌های‌موضعی مختلف به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف – پیچ و خم‌های تند

در مواردی که راهرو معدنی به تندی منحرف شده باشد، ضریب مقاومت مربوط به آن از جدول ۴–۱۱ به دست می‌آید.

جدول ۴–۱۱– ضریب مقاومت موضعی $\xi$ برای پیچ و خم‌های تند[۸]

| زاویه خم برحسب درجه | ۱۲۰ | ۱۰۰ | ۸۰ | ۶۰ | ۴۰ | ۲۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ضریب افت $\xi$ | ۲/۴ | ۱/۵ | ۰/۹۵ | ۰/۵۵ | ۰/۳۰ | ۰/۱۰ |

ب – پیچ و خم‌های ملایم

در مواردی که راهرو معدنی به ملایمت انحنا داشته باشد، با توجه به نسبت شعاع‌انحنا ($r$) به عرض راهرو ($b$)، ضریب مقاومت موضعی را می‌توان از جدول ۴–۱۲ به‌دست آورد.

جدول ۴–۱۲– ضریب مقاومت موضعی $\xi$ برای پیچ و خم‌های ملایم[۸]

| نسبت $r/d$ | ۰/۲۵ | ۰/۵ | ۰/۷۵ | ۱ | ۱/۵ | ۲ | ۳ | ۴ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ضریب افت $\xi$ | ۰/۳ | ۰/۱۸ | ۰/۱۳ | ۰/۱ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۷ |

ج – انحنای توام با کاهش سطح مقطع

در مواردی که ضمن انحنای راهرو معدنی، سطح مقطع آن نیز کاهش می‌یابد (مثل انشعاب راهرو مخصوص بادبزن از چاه یا تونل اصلی)، ضریب مقاومت موضعی تابعی از نسبت سطح مقطع‌های انشعاب اصلی و انشعاب فرعی و نیز بود یا نبود فضای مرده است (فضای مرده در مواردی وجود دارد که انشعاب اصلی (چاه یا تونل) بعد از انشعاب فرعی نیز ادامه داشته باشد). در این موارد ضریب مقاومت موضعی از جدول۴–۱۳ بدست می‌آید.

جدول ۴–۱۳– ضریب مقاومت موضعی $\xi$ در مورد انحنای همراه با کاهش مقطع[۸]

| نسبت مقطع انشعاب به مقطع چاه یا تونل اصلی | با فضای مرده | بدون فضای مرده | ملاحظات |
|---|---|---|---|
| ۰/۲۵ | ۰/۸۲ | ۰/۴۸ | ضریب $\xi$ در این مورد برای خم ۹۰° (انشعاب تند) محاسبه شده است. |
| ۰/۳۰ | ۰/۸۵ | ۰/۶۱ | |
| ۰/۴۰ | ۰/۹۰ | ۰/۶۷ | |
| ۰/۵۰ | ۰/۹۶ | ۰/۷۳ | |
| ۰/۶۰ | ۱/۰۳ | ۰/۸۳ | |

د - کاهش ناگهانی سطح مقطع

اگر سطح مقطع راهرو معدنی به‌طور ناگهانی کاهش یابد، بسته به نسبت سطح مقطع‌های جدید و قبلی، ضریب مقاومت موضعی از جدول ۴-۱۴ محاسبه می‌شود.

**جدول ۴-۱۴- ضریب مقاومت موضعی $\xi$ در مورد کاهش ناگهانی سطح مقطع [۸]**

| نسبت مقطع جدید به مقطع اولیه | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۴ | ۰/۵ |
|---|---|---|---|---|
| ضریب افت $\xi$ | ۰/۴۵ | ۰/۴۰ | ۰/۳۱ | ۰/۲۵ |

هـ - افزایش ناگهانی سطح مقطع

در مواردی که سطح مقطع راهرو معدنی به‌طور ناگهانی افزایش یابد، با توجه به‌نسبت سطح مقطع‌های جدید و قبلی، ضریب مقاومت موضعی را از جدول ۴-۱۵محاسبه می‌کنند.

**جدول ۴-۱۵- ضریب مقاومت موضعی $\xi$ در مورد افزایش ناگهانی سطح مقطع[۸]**

| نسبت مقطع جدید به مقطع اولیه | ۲ | ۳/۳ | ۵ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|
| ضریب افت $\xi$ | ۰/۲۸ | ۰/۵۲ | ۰/۶ | ۰/۸۵ |

### ۴-۵-۴- محاسبه مقاومت‌های موضعی در سیستم بین‌المللی *Si*

در سیستم بین‌المللی Si مقاومت موضعی از رابطه زیر حاصل می‌شود [۱۲] :

$$R_l = \frac{X\rho}{۲\ A^۲} \qquad NS^۲/m^۸ \qquad (۱۳-۴)$$

که در آن:

$R_l$ = مقاومت موضعی برحسب $NS^۲/m^۸$

$\rho$ = جرم مخصوص هوا برحسب $kg/m^۳$

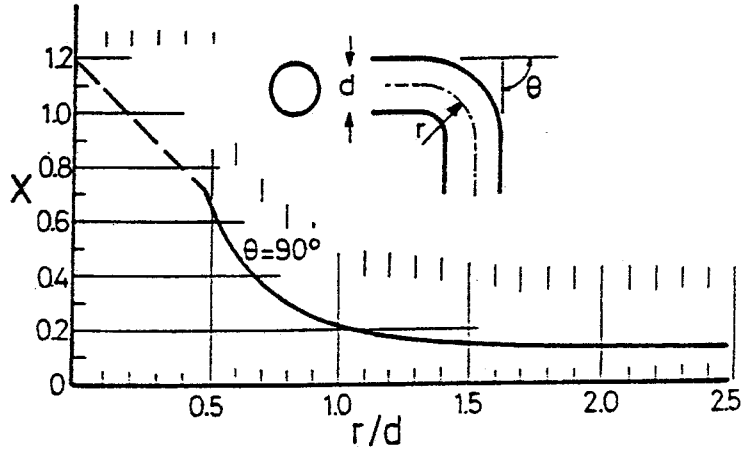
$A$ = مساحت حفریه معدنی برحسب مترمربع

$X$ = ضریب بدون بعد افت موضعی که اندازه آن در موارد مختلف به شرح زیر حاصل‌می‌شود:

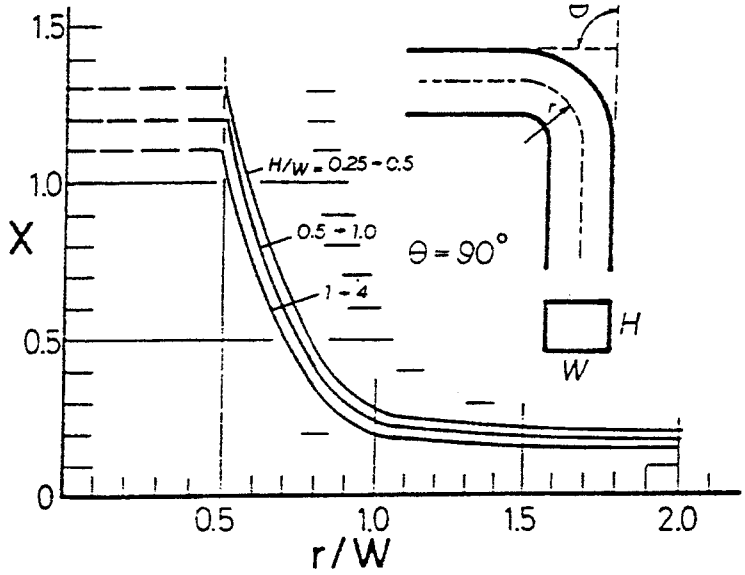
الف - انحنای ۹۰ درجه شاخه

در مواردی که مقطع شاخه دایره‌ای و به شکل ۹۰ درجه انحنا یافته باشد، با توجه به‌نسبت شعاع انحنای خم ($r$) به قطر راهرو ($d$) ضریب مقاومت موضعی $X$ را می‌توان از شکل ۴-۲ به دست آورد.

و در مورد مقاطع مستطیلی ، با توجه به نسبت شعاع انحنا ($r$) به عرض راهرو ($w$)، ضریب مقاومت موضعی از شکل ۴-۳ بدست می‌آید.




شکل ۴-۲- ضریب مقاومت موضعی X در مورد راهروهای دایره ای که ۹۰ درجه منحرف شده‌اند[۱۲]




شکل ۴-۳- ضریب مقاومت موضعی X در مورد راهروهای مستطیلی که ۹۰ درجه منحرف شده‌اند [۱۲]

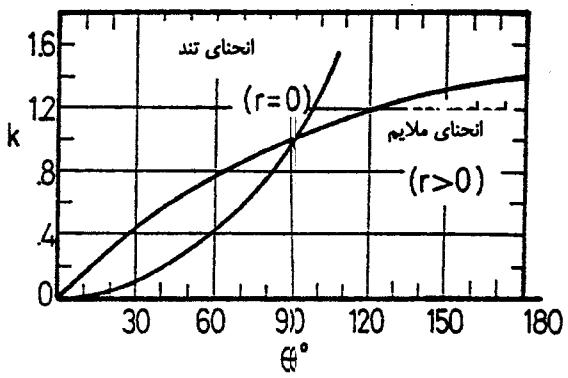
ب – انحنای نامشخص

اگر راهروهای با مقطع دایره یا مستطیل به تندی $(r=0)$ و یا با انحنای بیش از ۹۰ درجه منحرف شده باشند، بسته به شکل مقطع راهرو، ابتدا از شکل‌های ۴-۲ یا ۴-۳ ضریب مقاوت اولیه با توجه به نسبت $\frac{r}{d}$ یا $\frac{r}{w}$ محاسبه شده و آنگاه در ضریب تصحیحی‌که از شکل ۴-۴ به دست می‌آید، ضرب می‌شود تا ضریب مقاومت موضعی واقعی به‌دست آید.

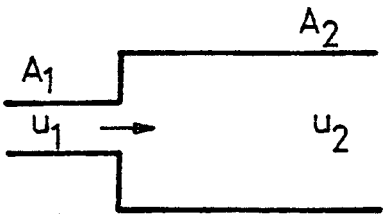
ج – گشادشدن ناگهانی سطح مقطع

اگر سطح مقطع راهرو به‌طور ناگهانی از $A_1$ به $A_2$ افزایش یابد (شکل ۴-۵) ضریب مقاومت موضعی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$X = (۱ - \frac{A_۱}{A_۲})^۲ \qquad (۱۴-۴)$$




شکل ۴ـ۴ـ محاسبه ضریب تصحیح برای ضرایب مقاومت موضعی راهروهای با انحنای نامشخص[۱۲]

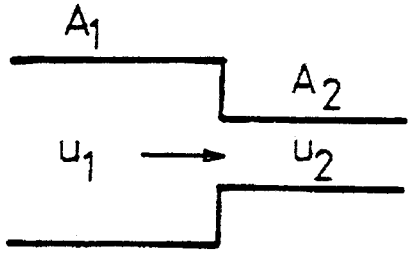



شکل ۴ـ۵ـ گشادشدن ناگهانی سطح مقطع[۱۲]

د - تنگ شدن ناگهانی سطح مقطع

در مواردی که سطح مقطع راهرو به‌طور ناگهانی از $A_۱$ به $A_۲$ کاهش یابد (شکل ۴-۶) ،ضریب مقاومت موضعی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$X = ۰/۵(۱ - \frac{A_۱}{A_۲})^۲ \qquad (۱۵-۴)$$




شکل ۴ـ۶ـ تنگ‌شدن ناگهانی سطح مقطع[۱۲]

هـ - انشعابات

فرمول‌ها و نمودارهای مربوط به محاسبه مقاومت موضعی مربوط به انشعابات مختلف، حاوی سرعت هوا در انشعابات است که اکثراً

تمام یا بعضی از آنها به هنگام‌طراحی اولیه سیستم تهویه، از قبل معلوم نیست. در چنین مواردی، باید اندازه این‌سرعت‌ها را تخمین زد و براساس آنها، ضرایب مقاومت موضعی را محاسبه کرد. پس از خاتمه طراحی و تحلیل شبکه، اگر سرعت‌های واقعی با مقادیر تخمینی اولیه تفاوت چشمگیری داشته باشند، باید براساس سرعت‌های واقعی، مجدداً ضرایب مقاومت موضعی را محاسبه و شبکه را تحلیل کرد.

اول – حالتی که انشعابی با مقطع دایره از راهرو اصلی با مقطع مستطیل جدا شود.

در مواردی‌که از راهرو اصلی با مقطع مستطیل، شاخه‌ای با مقطع دایره منشعب شود (مثلاً دویل یا پایین‌رو)، در آن صورت ضریب مقاومت افت موضعی و مقاومت انشعاب به‌ترتیب از روابط زیر به دست می‌آید [۱۲] :

$$X_۲ = ۰/۵(۱ + ۲/۵\frac{U_۲}{U_۱}) \qquad (۱۶-۴)$$

$$R_{l۲} = \frac{X_۲ \rho}{۲ A_۱^۲} \qquad NS^۲ / m^۸ \qquad (۱۷-۴)$$

در این فرمول و فرمول‌های بعدی مربوط به انشعابات، نمادهای به کار رفته به شرح زیراند:

$X$ = ضریب مقاومت موضعی

$R_۱$ = مقاومت موضعی

$\rho$ = جرم مخصوص هوا برحسب $kg/m^۳$

$U_۱$ = سرعت هوا در راهرو اصلی برحسب متر در ثانیه

$U_۲$ = سرعت هوا در انشعاب برحسب متر در ثانیه

$A_۱$ = سطح مقطع راهرو اصلی برحسب مترمربع

$A_۲$ = سطح مقطع انشعاب برحسب مترمربع

$A_۳$ = سطح مقطع راهرو اصلیو پس از انشعاب برحسب مترمربع

$Q$ = شدت جریان عبوری از شاخه برحسب مترمکعب در ثانیه

دوم – حالتی که از راهرو اصلی با مقطع دایره، شاخه دایره‌ای منشعب شود و $A_۱ = A_۳$ باشد.

در این مورد با توجه به زاویه انشعاب Q و نسبت $\frac{U_۲}{U_۱}$ ، ضریب $X_۲$ از شکل ۴–۷ و مقاومت‌های موضعی نیز از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$R_{l۲} = \frac{X_۲ \rho}{۲ A_۱^۲} \quad NS^۲ / m^۸ \qquad (۱۸-۴)$$

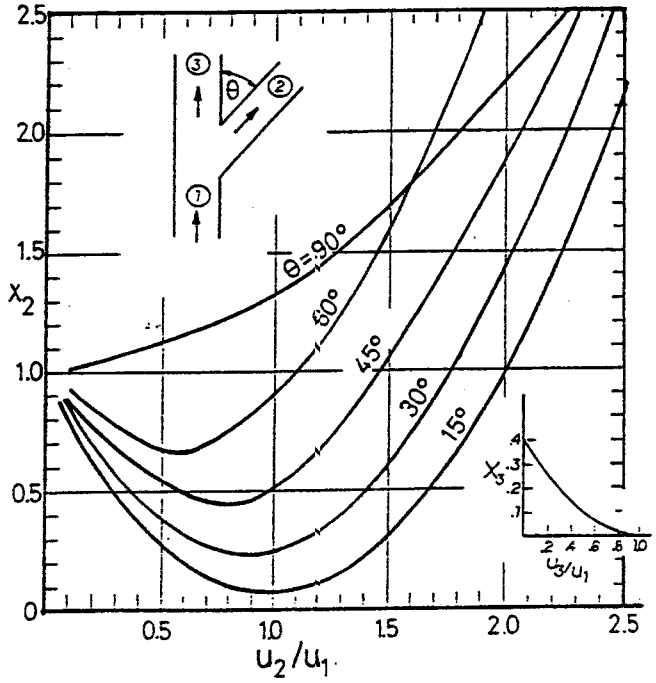
$$R_{l۳} = \frac{X_۳ \rho}{۲ A_۱^۲} \quad NS^۲ / m^۸ \qquad (۱۹-۴)$$

سوم – حالتی که از راهرو اصلی با مقطع مستطیل، شاخه‌ای با مقطع مستطیل منشعب شود و $A_۱ = A_۲ + A_۳$ باشد.

در این موارد با توجه به نسبت $\frac{U_۲}{U_۱}$، ضرایب مقاومت موضعی‌انشعاب اول ($X_۲$) و ادامه راهرو اصلی ($X_۳$) از شکل ۴-۸ و مقاومت‌های موضعی از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$R_{l۲} = \frac{X_۲\rho}{۲A_۱^۲} \quad NS^۲/m^۸ \qquad (۲۰-۴)$$

$$R_{l۳} = \frac{X_۳\rho}{۲A_۱^۲} \quad NS^۲/m^۸ \qquad (۲۱-۴)$$




**شکل ۴-۷- ضریب مقاومت موضعی برای حالتی که از راهرو اصلی با مقطع دایره شاخه‌ای با مقطع دایره جدا شود و $A_۱ = A_۳$ باشد[۱۲]**

چهارم - حالتی که دو راهرو با مقطع دایره به هم ملحق و به راهرو دیگری با مقطع دایره هدایت شوند.

در این موارد ضرایب مقاومت موضعی از شکل ۴-۹ و مقاومت‌های موضعی از روابط زیر به دست می‌آید:

$$R_{l۲} = \frac{X_۲\rho}{۲A_۱^۲} \quad NS^۲/m^۸ \qquad (۲۲-۴)$$

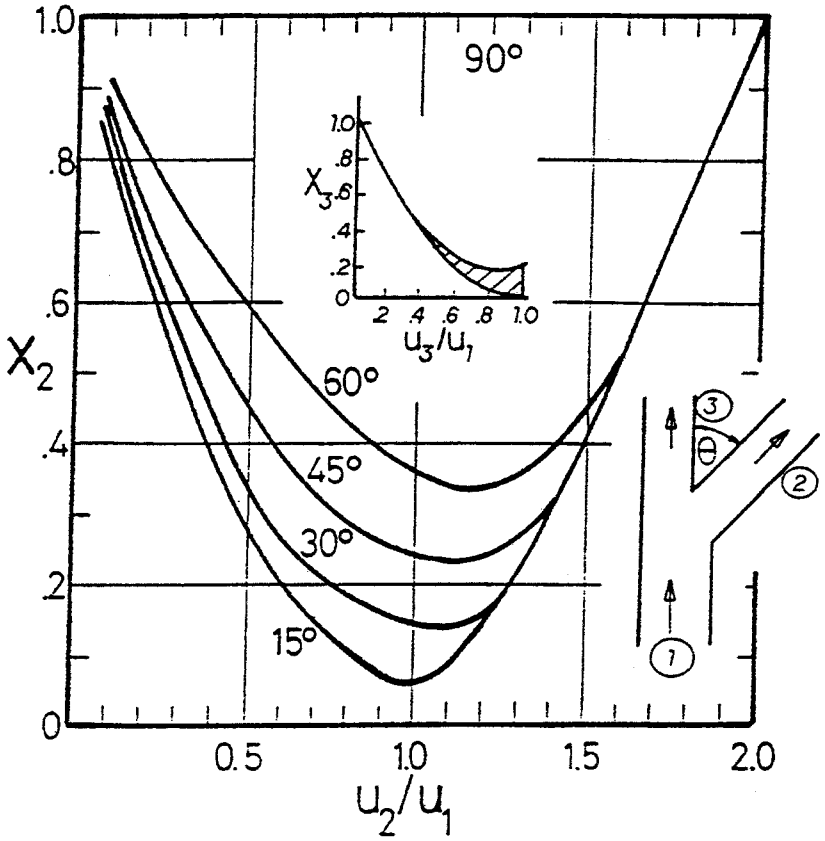
$$R_{l۳} = \frac{X_۳\rho}{۲A_۱^۲} \quad NS^۲/m^۸ \qquad (۲۳-۴)$$

*پنجم - حالت انشعاب Y با شرط* $A_۱ = A_۲$ و $A_۳ = A_۱ + A_۲$

در این موارد اعم از آنکه راهرو اصلی و انشعابات دایره یا مستطیل باشند ضرایب مقاومت موضعی از شکل۴-۱۰ و مقاومت‌های موضعی از روابط زیر به دست می‌آید:

$$R_{12} = \frac{X_2 \rho}{2A_2^2} \quad NS^2/m^8 \qquad (۲۴-۴)$$

$$R_{13} = \frac{X_3 \rho}{2A_3^2} \quad NS^2/m^8 \qquad (۲۵-۴)$$




**شکل ۴-۸- ضریب مقاومت موضعی برای حالتی که از راهرو اصلی با مقطع مستطیل انشعابی با مقطع مستطیل جدا شود و $A_1 = A_2 + A_3$ باشد[۱۲]**

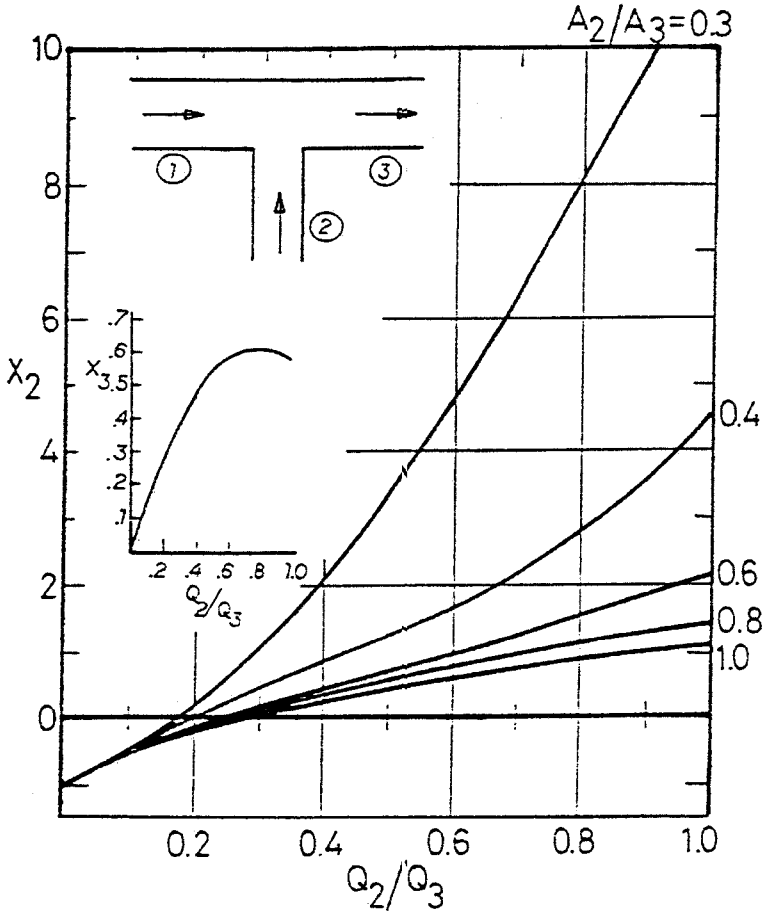
اگر انشعاب $Y$ به صورتی باشد که انشعاب اصلی به دو انشعاب با سطح مقطع مساوی منشعب شود، برای تعیین ضرایب مقاومت موضعی می‌توان از نمودارهای‌شکل ۴-۸ استفاده کرد.

و – مقاومت موضعی در ورود و خروج هوا

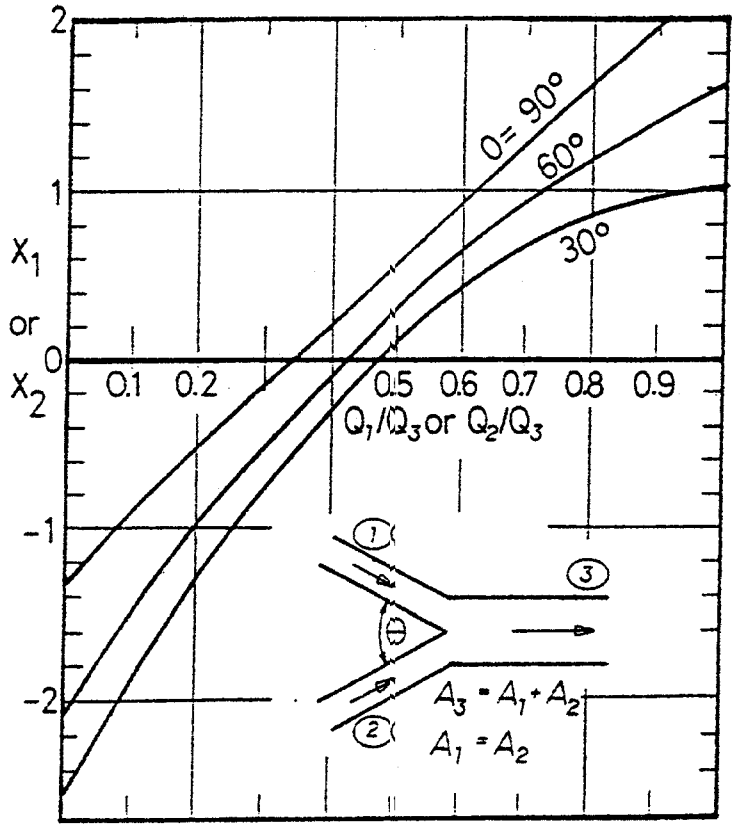
در این موارد، بسته به شکل محل ورود و یا خروج هوا، به شرح زیر می‌توان مقاومت‌های موضعی را محاسبه کرد:

اول – حالتی که معبر ورود هوا تیز باشد.

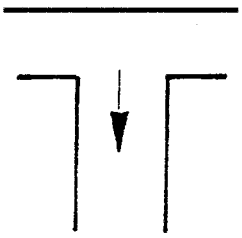
در این موارد (شکل ۴-۱۱)، ضریب افت موضعی $X$=۰/۵ در نظر گرفته می‌شود [۱۲].




شکل ۴ـ۹ـ ضریب مقاومت موضعی برای حالتی که دو راهرو با مقطع دایره به هم ملحق و به راهرو دیگری هدایت شوند [۱۲]




شکل ۴ـ۱۰ـ ضریب مقاومت موضعی برای انشعاب Y در مورد مقاطع دایره و مستطیل در شرایط $A_1 = A_2$ و $A_3 = A_1 + A_2$ [۱۲]

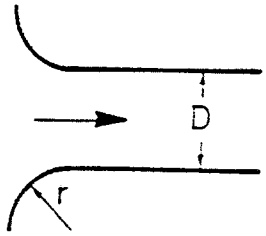


شکل ۴ـ۱۱ـ معبر ورودی تیز [۱۲]

شکل ۴ـ۱۲ـ ورود هوا به لوله یا کانال تهویه [۱۲]

سوم – حالتی که معبر ورود هوا به شکل شیپوره زنگوله‌ای باشد.

در این موارد (شکل ۴-۱۳) در مواردی که شرط $\frac{r}{D} \geq ۰/۲$ باشد ضریب مقاومت موضعی $X = ۰/۰۳$ در نظر گرفته می‌شود.




شکل ۴ـ۱۳ـ معبر ورودی شیپوره‌ای [۱۲]

چهارم – مقاومت موضعی خروجی.

در این مورد، ضریب مقاومت موضعی $X = ۱$ در نظر گرفته می‌شود [۱۲].

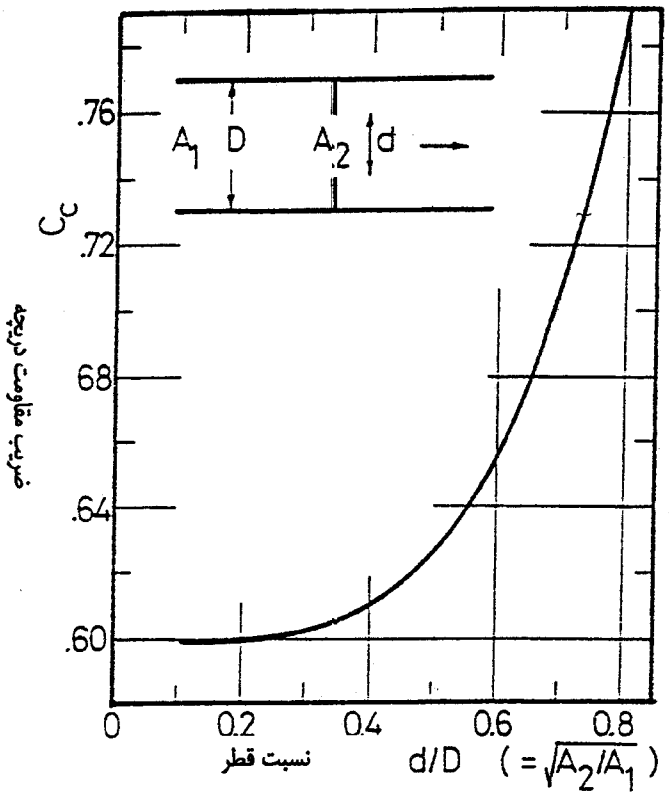
ز – مقاومت موضعی ناشی از دریچه‌ها

در مواردی که در داخل لوله یا کانال تهویه، دریچه لب تیز دایره‌ای یا مستطیلی‌احداث شده باشد، ضریب دریچه $C_c$ از شکل ۴-۱۴ و ضریب افت موضعی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$X_1 = \frac{۱}{C_C^۲}\left[\left(\frac{A_۱}{A_۲}\right) - ۱\right] \qquad (۲۶-۴)$$

ضریب مقاومت دریچه، از رابطه زیر نیز محاسبه می‌شود [۱۲] :

$$C_C = ۰/۴۸\left(\frac{d}{D}\right)^{۴/۲۵} + ۰/۶ \qquad (۲۷-۴)$$




**شکل ۴-۱۴- نمودار محاسبه ضریب مقاومت دریچه [۱۲]**

ح - مقاومت موضعی ناشی از وجود شبکه در لوله یا کانال‌های تهویه

در مواردی که در داخل لوله یا کانال تهویه شبکه‌ای برای تنظیم هوا تعبیه شده باشد،ضریب مقاومت موضعی از شکل ۴-۱۵ به دست می‌آید. در این شکل $A$ سطح‌مقطع کلی کانال یا لوله و $A_s$ سطح مقطع فضای آزاد شبکه است و به‌طوری که دیده‌می‌شود، برای وضعیت ۰/۹۶ تا ۰/۳ $= \frac{A_S}{A}$ اعتبار دارد.

ضریب مقاومت موضعی شبکه‌ها را از رابطه زیر نیز می‌توان به دست آورد [۱۲] :

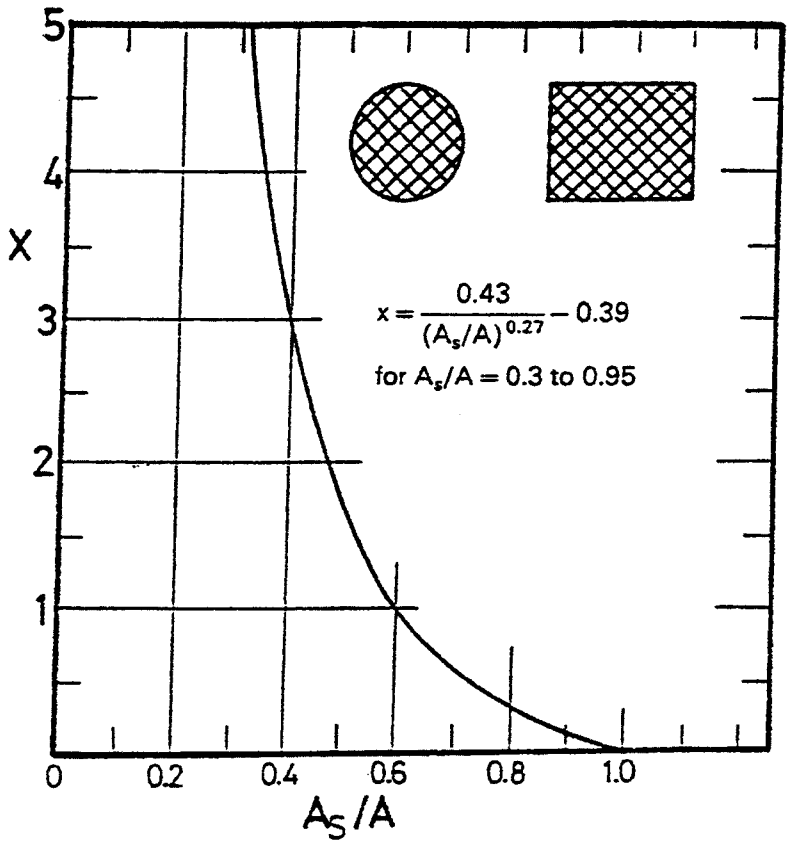
$$X = \frac{۰/۴۳}{(\frac{A_S}{A})^{۰/۲۷}} - ۰/۳۹ \qquad (۲۸-۴)$$

**۴-۵-۵- مقاومت ناشی از وجود موانع**

در مواردی که در مسیر حرکت هوا در راهروهای معدنی، موانعی وجود داشته باشد، مقاومت مربوط به این موانع از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۸] :

$$R_m = \frac{C\gamma}{۲g}\frac{A_m}{(A-A_m)^۲} \qquad (۲۹-۴)$$

که در آن:




شکل ۴-۱۵- مقاومت موضعی ناشی از وجود شبکه در لوله یا کانال [۱۲]

$R_m$ = مقاومت ناشی از وجود موانع برحسب کیلومورگ

$\gamma$ = وزن مخصوص هوا برحسب کیلوگرم‌نیرو بر مترمکعب

$g$ = شتاب جاذبه برحسب متر بر مجذور ثانیه

$A$ = سطح مقطع راهرو برحسب مترمربع

$A_m$ = سطح موثر مانع در جهت عمود بر امتداد حرکت هوا برحسب مترمربع

$C$ = ضریب آئرودینامیکی مانع که به شکل مانع بستگی دارد و در هر مورد می‌توان آن را از شکل ۴-۱۶ به دست آورد.

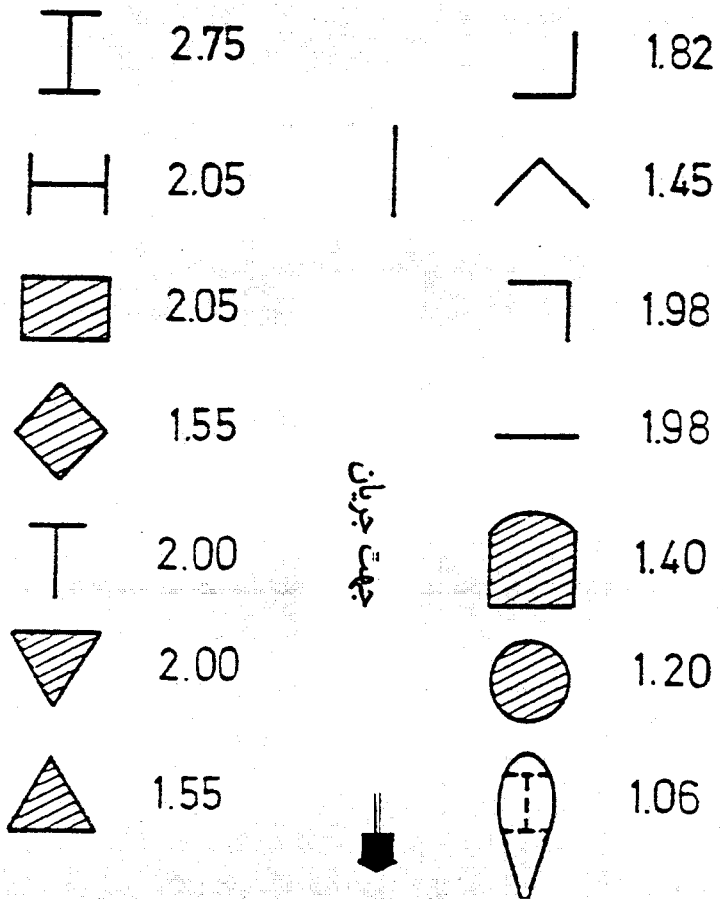
### ۴-۵-۶- محاسبه مقاومت کلی شاخه

با مشخص شدن مقاومت‌های اصطکاکی، موضعی و مقاومت ناشی از وجود موانع،مقاومت کلی شاخه از حاصل جمع آنها به دست می‌آید:

$$R_t = R_f + R_l + R_m \qquad (۴-۳۰)$$

از آنجا که در بسیاری موارد، محاسبه مقاومت‌های موضعی و ناشی از وجود موانع به طور دقیق ممکن نیست (زیرا این امر مستلزم آگاهی از جزئیات شاخه‌ها است که معمولاً در مرحله طراحی، اطلاعات مربوط به آن در دست نیست) لذا معمولاً مقاومت اصطکاکی شاخه را محاسبه می‌کنند و بسته به پیش‌بینی میزان پدیده‌های موضعی و موانع، ۱۰ تا ۱۵ درصد به آن اضافه می‌کند و حاصل را به

عنوان مقاومت کلی‌شاخه در نظر می‌گیرند.




شکل ۴-۱۶- ضریب آئرودینامیکی شکل‌های مقطع [۱۲]

توصیه می‌شود که برای معادن ایران، از این بابت ۱۵ درصد افزایش در نظر گرفته‌شود. بنابراین پس از محاسبه مقاومت اصطکاکی شاخه، مقاومت کلی آن خواهد شد:

$$R_t = ۱/۱۵R_f \qquad (۳۱-۴)$$

معمولاً مقاومت کلی شاخه را بدون اندیس و با نماد $R$ نشان می‌دهند.

### ۴-۶- دستورالعمل محاسبه افت فشار شاخه‌ها

با معلوم بودن مقاومت کلی شاخه و شدت جریانی که باید از آن بگذرد، افت فشارهر شاخه از رابطه عمومی زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta P = RQ^۲ \qquad (۳۲-۴)$$

در سیستم متریک، اگر مقاومت برحسب کیلومورگ و شدت جریان هوا برحسب مترمکعب در ثانیه بیان شود، افت فشار برحسب کیلوگرم نیرو بر مترمربع به دست‌می‌آید که معادل میلیمتر آب نیز هست. در معادن ایران معمولاً از این شیوه استفاده می‌شود.

اگر مقاومت برحسب سیستم $Si$ و شدت جریان برحسب مترمکعب در ثانیه بیان شود، افت فشار برحسب پاسکال به دست می‌آید.

برای سهولت محاسبه افت فشار شاخه‌ها، می‌توان از جدول ۴-۱۶ استفاده کرد.

جدول ۴-۱۶- نحوه محاسبه افت فشار شاخه‌ها

| ردیف | شاخه | سیستم نگهداری | سطح مقطع A مترمربع | محیط P متر | ضریب اصطکاک a | طول L متر | مقاومت اصطکاکی R کیلومورگ | مقاومت کلی $R_t$ کیلومورگ | شدت جریان عبوری Q مترمکعب در ثانیه | افت فشار $\Delta P$ میلیمتر آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |

## ۴-۷- دستورالعمل تنظیم هوا و تعدیل شبکه

پس از محاسبه افت فشار شاخه‌ها، باید شبکه را تعدیل کرد تا در تمام شاخه‌ها، هوا در جهت و به میزان موردنظر، به جریان افتد. برای تعدیل شبکه، ابتدا باید حلقه‌های شبکه را انتخاب کرد. حلقه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که هر شاخه لااقل در یک حلقه شرکت داشته باشد. حداقل حلقه‌های‌لازم از رابطه زیر به دست می‌آید [۲۰]:

**حداقل تعداد حلقه‌ها = تعداد شاخه‌ها – تعداد گره‌ها + ۱** (۴-۳۳)

پس از انتخاب حلقه‌ها، مجموع جبری افت فشار شاخه‌های تشکیل دهنده حلقه محاسبه می‌شود. بدین‌منظور جهت حرکت عقربه‌های ساعت را به عنوان جهت مثبت‌انتخاب می‌کنند و افت فشار شاخه‌هایی را که حرکت هوا در آنها در جهت مثبت است باعلامت مثبت و شاخه‌های عکس را با علامت منفی در نظر می‌گیرند:

$$\sum \Delta P = \sum R_i Q_i^2 \qquad (۴-۳۴)$$

بدیهی است در حالت کلی، مجموع افت فشارهای حلقه‌ها برابر صفر نیست. برای‌صفر شدن جمع جبری افت فشارها باید افت فشار بعضی از شاخه‌ها را کم و یا افت‌فشار بعضی از شاخه‌ها را به طور مصنوعی افزایش داد. به عنوان مثال اگر جمع جبری رابطه۴-۳۴ مثبت باشد، باید به یکی از روش‌های زیر عمل شود:

الف – افت فشار یک یا چند شاخه منفی را بالا برد تا جمع جبری برابر صفر شود. بدین منظور می‌توان در این شاخه‌ها درهای تنظیم کننده نصب کرد و مقدار افت فشاری‌که باید به وسیله در یا درهای تنظیم کننده تامین شود، برابر جمع جبری رابطه ۴-۳۴ است. این روش را تنظیم منفی می‌نامند.

ب- افت فشار یک یا چند شاخه مثبت را کم کرد. بدین منظور باید مقاومت آنها را کاهش داد که این امر باید از دیدگاه فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. برای کاهش مقاومت می‌توان سطح داخلی راهرو یا راهروها را صاف کرد تا ضریب اصطکاک آنها کم شود و یا می‌توان سطح مقطع آنها را افزایش داد و یا در صورت امکان راهروهای تشکیل دهنده شاخه را از حالت سری به موازی تبدیل کرد و یا مجموعه این تمهیدات را به کار برد.

ج – در شاخه یا شاخه‌های مثبت، بادبزن تقویتی نصب کرد که در این حالت، فشاری که بادبزن تقویتی باید تولید کند برابر جمع

جبری رابطه ۴-۳۴ است.

بدیهی است در هر مورد، باید کلیه این روش‌ها را مورد بررسی قرار داد و امکان عملی اجرای آنها را بررسی کرد و در هر حالت بهترین روش را برگزید.

به هرحال، پس از تعدیل شبکه، جمع جبری افت فشار شاخه‌های تشکیل دهنده آن برابر صفر می‌شود و اگر این کار در مورد تمام حلقه‌ها انجام گیرد، شبکه تعدیل خواهد شد و نحوه جریان هوا در شاخه‌ها، مطابق آنچه که‌طراحی شده است، خواهد بود.

## ۴-۸- دستورالعمل محاسبه افت فشار و مقاومت کلی شبکه

پس از تعدیل شبکه، افت فشار کلی معدن را به سادگی می‌توان محاسبه کرد. بدین منظور، مجموع افت فشار شاخه‌های موجود بین مسیر ورود و خروج هوا را (بااحتساب افت فشارهای ناشی از درهای تنظیم کننده و یا فشار ناشی از بادبزن‌های‌تقویتی) با هم جمع می‌کنند. اگر شبکه به درستی تعدیل شده باشد، هر مسیری که بین دو نقطه ورودی و خروجی انتخاب شود، نتیجه واحدی را به دست خواهد داد:

$$\sum \Delta P_t = \sum R_i Q_i^2 \qquad (۳۵-۴)$$

در این رابطه $R_i$ مقاومت شاخه‌های موجود در مسیر ورود تا خروج و $Q_i$ شدت‌جریان عبوری از آنهاست. با مشخص شدن افت فشار کلی شبکه، مقاومت کلی شبکه معدن نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_t = \frac{\Delta P_t}{Q_t^2} \qquad (۳۶-۴)$$

در این رابطه $R_t$ مقاومت کلی، $Q_t$ شدت جریان کلی عبور از شبکه است.

بدین‌ترتیب، با مشخص شدن افت فشار و شدت جریان کلی شبکه، مشخصات بادبزن اصلی معدن حاصل می‌شود. به بیان دیگر بادبزن اصلی معدن باید حداقل شدت‌جریان $Q_t$ و فشار معادل $\Delta P_t$ را تامین کند. البته در این مورد بعضی ضرایب اطمینان را درنظر می‌گیرند که در مبحث انتخاب بادبزن اصلی آمده است.

## ۴-۹- دستورالعمل محاسبه تهویه طبیعی

در معادن کم‌عمق، جهت جریان تهویه طبیعی در فصل‌های زمستان و تابستان فرق می‌کند و در فصول بهار و پاییز عملاً متوقف می‌شود. بنابراین در این‌گونه معادن، تهویه طبیعی به تهویه اصلی معدن کمکی نمی‌کند و حتی در مواردی که جهت آن در خلاف جهت تهویه مکانیکی معدن باشد، از فشار بادبزن می‌کاهد.

در معادن عمیق، فشار تهویه طبیعی همواره ثابت و در جهت تهویه اصلی معدن استو گاه مقدار آن به حد قابل توجهی می‌رسد که می‌تواند بخشی از وظیفه بادبزن اصلی معدن را تامین کند.

فرمول‌های محاسبه فشار ناشی از تهویه طبیعی، برمبنای چگونگی فرایند ترمودینامیکی حاکم بر حرکت هوا بنا شده است. از آنجا که نزدیکترین فرآیند حاکم بر حرکت هوا در معدن، فرآیند بی‌درو (آدیاباتیک) است لذا توصیه می‌شود که از فرمول زیر که برمبنای این فرآیند بنا شده است، استفاده شود [۸].این رابطه با این فرض ارائه شده است که چاه‌های ورودی و خروجی معدن، عمق‌یکسانی

داشته باشند:

$$P_n = ۱۳/۶\ P_{\cdot}(e^{\frac{H}{RT'}} - e^{\frac{H}{RT''}}) \qquad (۳۷-۴)$$

که در آن:

$P_n$ = فشار تهویه طبیعی برحسب میلیمترآب

$P_{\cdot}$ = فشار هوای محل در بالای چاه معدن برحسب میلیمتر جیوه

$H$ = ارتفاع مشترک چاه‌ها برحسب متر

$T'$ = دمای متوسط هوا در چاه ورودی برحسب درجه کلوین

$T''$ = دمای متوسط هوا در چاه خروجی برحسب درجه کلوین

$e$ = مبنای لگاریتم نپرین

$R$ = عدد ثابت هوا در سیستم متریک که مقدار آن ۲۹/۲۷ در نظر گرفته می‌شود.

در مواردی که عمق چاه‌های ورودی و خروجی متفاوت باشد، فشار هوا در کف هریک از آنها را جداگانه محاسبه می‌کنند و از تفاوت آنها فشار تهویه طبیعی را به دست می‌آورند.

# فصل پنجم

# آئین‌نامه‌ها و مقررات مربوط به تجهیزات تهویه

## ۵-۱- آشنایی

مهمترین تجهیزات تهویه عبارت از بادبزن اصلی، بادبزن فرعی، لوله‌های تهویه و تأسیسات تهویه هستند.

بدیهی است تشریح جزئیات مربوط به نگهداری و سرویس این دستگاه‌ها مدنظرنیست زیرا هر کارخانه سازنده دستورالعمل‌های ویژه‌ای برای نگهداری و سرویس‌دستگاه‌های خود دارد که باید براساس آن عمل کرد. از سوی دیگر، صرفنظر از نوع‌دستگاه‌های تهویه، بعضی قوانین کلی در مورد آنها وجود دارد که هدف از این فصل بررسی و استاندارد کردن این دستورالعمل‌ها است.

## ۵-۲- دستورالعمل انتخاب بادبزن اصلی

با مشخص شدن شدت جریان ($Q_t$) و افت فشار کلی شبکه ($\Delta P_t$)، باید بادبزنی را برای معدن انتخاب کرد که در محدوده زمانی موردنظر، بتواند شدت جریان ($Q_t$) و فشار معادل $\Delta P_t$ را تامین کند. واضح است که در بین گزینه‌های مختلفی که برای انتخاب بادبزن اصلی معدن وجود دارد باید نوعی را برگزید که در درجه اول از نقطه‌نظر ایمنی و در درجه دوم از نظر اقتصادی مناسب‌تر باشد.

از آنجا که شبکه استخراج معدن و در نتیجه شبکه تهویه آن، مرتباً در حال گسترش‌است و این امر افزایش مقاومت و در نتیجه افزایش $\Delta P_t$ را در پی دارد و نیز به علت افزایش نشت، شدت جریان لازم $Q_t$ نیز باید افزایش یابد، لذا بادبزنی که انتخاب می‌شود باید بتواند در طول عمر مفید خود که آن را ۱۵ تا ۲۵ سال در نظر می‌گیرند، شدت جریان و فشاری بیش از $Q_t$ و $\Delta P_t$ تولید کند.

### ۵-۲-۱- تعیین مشخصات کلی بادبزن

برای تعیین مشخصات کلی بادبزن، ابتدا دهانه معادل کلی معدن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_t = \frac{۰/۳۸\, Q_t}{\sqrt{\Delta P_t}} \qquad (۵-۱)$$

که در آن:

$A_t$ = دهانه معادل معدن برحسب مترمربع

$\Delta P_t$ = افت فشار کلی شبکه تهویه برحسب میلیمتر آب

$Q_t$ = شدت جریان کلی معدن برحسب مترمکعب در ثانیه

سپس قطر تقریبی بادبزن از رابطه زیر محاسبه می‌شود[۸] :

$$D = \sqrt{\frac{A_t}{۰/۴۴}} \qquad (۵-۲)$$

مقاومت تاسیسات داخلی بادبزن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_f = \frac{a\pi}{D^۲} \qquad (۳-۵)$$

که در آن:

$R_f$ = مقاومت تاسیسات داخلی بادبزن برحسب کیلومورگ

$D$ = قطر بادبزن برحسب متر

$a$ = ضریبی که مقدار عددی آن در مورد بادبزن‌های محوری با منحنی مشخصه زینی شکل ۰/۰۵ =$a$ و در مورد بادبزن‌های با منحنی مشخصه صاف مقدار آن ۰/۰۲ تا۰/۰۳ است.

افت فشار کلی شبکه تهویه معدن، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta P_t = (KR_t + R_f)Q_t^۲ \qquad (۴-۵)$$

که در آن:

$\Delta P_t$ = افت فشار کلی معدن برحسب میلیمتر آب

$R_t$ = مقاومت کلی معدن برحسب کیلومورگ

$K$ = ضریب نشت هوا که خود از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{۱}{۱ + \frac{q}{۱۰۰}} \qquad (۵-۵)$$

در رابطه اخیر، $q$ درصد نشت هوا است.

**۵-۲-۲- تعیین نقطه عملکرد بادبزن**

شدت جریان $(Q_f)$ و فشار $(P_f)$ بادبزن اصلی معدن باید مطابق روابط (۵-۶) و (۵-۷) باشد:

$$Q_f = ۱/۲Q_t \qquad (۶-۵)$$

$$P_f = ۱/۱۱\Delta P_t \qquad (۷-۵)$$

در این رابطه $P_f$ فشار ماکزیمم بادبزن یعنی ارتفاع نقطه ماکزیمم منحنی مشخصه آن است.

با مشخص شدن $Q_f$ و $P_f$، نقطه عملکرد بادبزن مشخص می‌شود و بنابراین باید با توجه به اطلاعاتی که از بادبزن‌های مختلف در دست است، مناسب‌ترین را انتخاب کرد.

**۵-۲-۳- نحوه انتخاب بادبزن**

برای انتخاب بادبزن دو روش موسوم به روش استفاده از منحنی مشخصه و روش استفاده از جدول انتخاب وجود دارد.

الف - روش استفاده از جدول مشخصات

در این روش با نقل مختصات نقطه عملکرد لازم یعنی $Q_f$ و $P_f$ در دستگاه مختصاتی که منحنی مشخصه بادبزن در آن رسم شده

است، تحقیق می‌شود که آیا این نقطه بر روی منحنی مشخصه بادبزن مورد نظر قرار می‌گیرد یا خیر. در صورتی که پاسخ سئوال منفی‌باشد، باید به بادبزن یا بادبزن‌های دیگری مراجعه و این عمل را تکرار کرد. پس از اینکه مدل بادبزن‌هایی که نقطه عملکرد بر روی منحنی مشخصه آنها قرار می‌گیرد مشخص شد، آنگاه باید تحقیق کرد که نقطه عملکرد در محدوده چه منحنی‌های هم راندمان قرار می‌گیرد. از بین بادبزن‌های مرحله اول، آنهایی مناسب‌اند که راندمان بادبزن از ۶۰ درصد کمتر نباشد. بدیهی است هرچقدر راندمان بادبزن بالاتر باشد، مناسب‌تر خواهد بود. سرانجام از بین بادبزن‌های انتخاب شده نوعی انتخاب می‌شود که راندمان بالاتری‌داشته و از نظر اقتصادی مناسب‌تر باشد.

ب – روش استفاده از جدول یا منحنی‌های انتخاب

بسیاری از کارخانه‌های سازنده بادبزن، جدول‌ها و یا منحنی‌هایی تهیه کرده و در آن محدوده عملکرد مناسب هریک از بادبزن‌های خود را مشخص کرده‌اند. با در دست داشتن این جدول‌ها و یا منحنی‌ها، به آسانی می‌توان بادبزن‌های مناسب را از شرکت‌های مختلف انتخاب و آنها را با هم مقایسه کرد و مناسب‌ترین را برگزید.

### ۵–۲–۴– محاسبه توان لازم برای بادبزن

با مشخص کردن فشار و شدت جریان بادبزن، توان لازم برای آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N = \frac{۹/۸۱ P_f Q_f}{۱۰۰۰ \eta_۱ \eta_۲} \qquad (۸–۵)$$

که در آن:

$N$ = توان لازم برای بادبزن برحسب کیلووات

$P_f$ = فشار بادبزن برحسب میلیمتر آب

$Q_f$ = شدت جریان بادبزن برحسب مترمکعب در ثانیه

$\eta_۱$ = راندمان بادبزن

$\eta_۲$ = راندمان الکتروموتور بادبزن

### ۵–۲–۵– استفاده از چندین بادبزن

در بعضی موارد ممکن است بادبزنی که به تنهایی بتواند فشار و هوای لازم را برای شبکه تهویه تامین کند، در دسترس نباشد. نیز امکان دارد که بادبزن اولیه‌ای که برای معدن انتخاب شده است، با توجه به افزایش مقاومت شبکه تهویه، دیگر جوابگوی تهویه نباشد. در چنین مواردی می‌توان از مجموعه‌ای از دو یا چند بادبزن که همزمان با هم در شبکه تهویه به کار گرفته می‌شوند، استفاده کرد.

اگرچه در حالت کلی می‌توان گفت که اتصال بادبزن‌ها به حالت سری فشار بیشتر و اتصال آنها به حالت موازی شدت جریان بیشتری تولید می‌کند و نیز اتصال بادبزن‌ها به حالت غلط نه تنها نتیجه مثبتی نمی‌دهد بلکه گاه باعث بدتر شدن سیستم تهویه نیز می‌شود اما در مورد هر معدن، باید روش‌های مختلف را بررسی و آنها را با هم مقایسه کرد و بهترین روش را برگزید.

## ۵-۳- دستورالعمل نصب و نگهداری بادبزن اصلی و تجهیزات آن

### ۵-۳-۱- بادبزن خانه

اصولاً بادبزن‌های اصلی معدن باید در بیرون معدن و درون ،محفظه‌ای موسوم به‌بادبزن خانه نصب شود. در مواردی که برای تنظیم شدت جریان هوا در شاخه‌ها ازبادبزن تقویتی استفاده می‌شود، به ناچار باید آن را در داخل معدن نصب کرد.

بادبزن خانه باید حداقل ۴/۶ متر با دهانه چاه‌یا تونل اصلی فاصله داشته باشد و در عین حال، یک دیوار از بلوک‌های بتنی یا آجرهمراه با درهای مقاوم در برابر انفجار، آن را از راهرو متصل به ،معدن جدا سازد. همچنین‌حداقل در فاصله ۳۰ متری از بادبزن خانه نباید هیچگونه مواد سوزا وجود داشته باشد[۱۰].

مدار برق تغذیه بادبزن باید مستقیماً برای تغذیه آن طراحی شده باشد و هیچگونه‌وسیله برقی دیگری را تغذیه نکند. در مواردی که در «بادبزن خانه» چندین بادبزن وجوددارد، هریک از آنها باید به یک در مقاوم در برابر انفجار که در مسیر متصل به راهرو بادبزن نصب می‌شود، مجهز باشد تا در مواردی که به دلیلی بادبزن از مدار خارج شود،از اتصال کوتاه و ایجاد جریان معکوس جلوگیری شود. واضح است که در هر بادبزن‌خانه باید حداقل دو بادبزن وجود داشته باشد که از هرکدام بتوان بطور مستقل استفاده‌کرد. این کار سبب می‌شود تا در مواردی که یکی از بادبزن‌ها به دلیلی از کار بیفتد و یا نیاز به سرویس و تعمیر داشته باشد، بتوان از بادبزن دیگر استفاده کرد.

تعمیرات و تغییر کلی در دستگاه تهویه معدن هنگامی باید انجام گیرد که کلیه کارکنان معدن به استثنای کارکنانی که انجام تعمیرات به عهده آنها است از درون معدن خارج شده باشند[۲].

اگر وقفه‌ای در کار بادبزن‌ها ایجاد شود باید فوراً مسئول ایمنی و مسئول معدن رامطلع ساخت تا اقدامات لازم را برای حفاظت نفرات به عمل آورند و در صورت لزوم معدن یا قسمت‌هایی را که تهویه آن دچار اشکال شده است از کارگران تخلیه کنند. شروع مجدد کار باید با اجازه مسئول ایمنی و مسئول معدن باشد[۲].

در روزهای بعد از تعطیل و یا پس از هرگونه وقفه طولانی که در کار بادبزن‌های اصلی‌معدن به وجود آید، مسئول ایمنی و مسئول معدن باید پس از حصول اطمینان از تهویه کافی به کارگران اجازه ورود به معدن را بدهند [۲].

برای جلوگیری از وقوع حادثه، در مقابل پروانه بادبزن و تمام قسمت‌های دوار آن (مثل میل لنگ اتصال موتور به بادبزن) باید حفاظی از تور سیمی نصب کرد و این امر به‌عنوان یک قانون کلی باید مدنظر قرار گیرد[۲].

بعد از هر توقف بادبزن و نیز پس از رفع اشکال در امر تهویه و عادی شدن آن، غلظت گاز در نزدیکی و در فاصله حداقل ۲۰ متری دستگاه‌های الکتریکی اندازه‌گیری شده ودر صورت مجاز بودن راه‌اندازی شوند.

هر یک از بادبزن‌های موجود در بادبزن خانه باید مجهز به فشارسنج باشد تا فشار حاصل از بادبزن را نشان دهد. علاوه بر آن، بادبزن باید مجهز به سیستم آژیر باشد که درصورت توقف، مسئول مربوطه با خبر شود.

در مقابل تابلوهای برق موجود در بادبزن‌ها و سایر قسمت‌هایی که کلید قطع و وصل‌جریان برق وجود دارد، باید فرش عایق الکتریسیته نصب شود. همچنین بدنه بادبزن و الکتروموتور آن باید ،مجهز به سیستم اتصال زمین باشد.

### ۵-۳-۲- تجهیزات معکوس کردن جهت جریان هوا

ازجمله تاسیسات مهم بادبزن‌ها، تجهیزات مربوط به معکوس کردن جهت جریان‌تهویه در موارد ضروری (مثلاً مواقع آتش‌سوزی) است. در زیر نکات مربوط به سیستم معکوس کردن جریان را آمده است.

الف – در مواقع لزوم تغییر جهت جریان هوا باید ظرف مدت کمتر از ۱۰ دقیقه امکان‌پذیر باشد [۶].

ب – بازدهی بادبزن پس از تغییر جهت جریان هوا نباید کمتر از ۶۰ درصد بازدهی معمولی آن باشد [۶].

ج – حداقل هر ماه یکبار باید درستی عملکرد سیستم تغییر جهت جریان هوا آزمایش شود تا در صورت وجود عیب و نقص، اشکالات برطرف شود.

د – متوقف کردن بادبزن‌ها و یا تعویض سیستم کار آنها، فقط باید طبق دستور مسئول‌تهویه یا سرپرست معدن انجام گیرد [۶].

هـ – در تمام معادن مانور آزمایشی تغییر جریان هوا و رساندن آن به مسیرها طبق طرح پیش‌بینی شده در برنامه مبارزه با سوانح، باید دو بار در سال (زمستان و تابستان) انجام گیرد [۶].

و – به هنگام تغییرجهت جریان هوا در جبهه کارهای زغالی به ویژه در حالتی که ازبازدهی دستگاه تهویه کاسته شود، ممکن است غلظت گاز زغال افزایش یابد و به حد خطرناکی برسد.

ز – به هنگام تغییرجهت جریان هوا باید وضعیت الکتروموتور بادبزن را از لحاظ افزایش بار کنترل کرد.

ح – به هنگام معکوس کردن جهت جریان هوا، شبکهٔ برق معدن، به جز سیستم تغذیه بادبزن‌ها باید قطع شود و در عین حال کلیه بادبزن‌ها باید کار کنند.

ط– به هنگام کنترل سیستم معکوس کردن جریان هوا، انجام هرگونه فعالیت معدنی در زیرزمین ممنوع است.

ی – معکوس کردن سیستم تهویه باید مطابق برنامه به دستور رئیس معدن و با همکاری مسئولین گروه‌های ایمنی و نجات انجام گیرد و صورت مجلس مربوطه تنظیم شود.

### ۵-۳-۳- تجهیزات مربوط به خودکار کردن و کنترل از دور سیستم تهویه

تجهیزات خودکار کردن و کنترل از دور تهویه شامل موارد زیر است [۶] :

الف – کنترل شدت جریان هوا، فشار حاصله از بادبزن، دمای بلبرینگ‌های محور بادبزن و نیز در پاره‌ای موارد کنترل درها و دریچه‌های تهویه، به ویژه معکوس کردن جهت جریان.

ب – کنترل موتور بادبزن و وسایل و تجهیزات معکوس کردن جریان به شرح زیر:

– راه‌اندازی و توقف موتور بادبزن به‌طور خودکار و از راه دور.

– تغییر شدت جریان هوای حاصله از بادبزن به وسیلهٔ بالا و پایین بردن دریچهٔ جلوی بادبزن و یا تغییر زاویهٔ پره‌ها.

خودکارکردن و کنترل تاسیسات تهویه به روش زیر انجام می‌شود:

الف – تغییر شرایط کار بادبزن به طور خودکار هنگامی که شدت جریان هوای حاصله به وسیله بادبزن به علت تغییر مقاومت معدن، تغییر کند.

ب – متوقف کردن بادبزن به هنگام بروز عیب و به کار انداختن بادبزن یدکی به طور خودکار و نیز باز و بسته کردن درها و دریچه‌هایی که برای این منظور لازم است.

مهمترین نکته‌ای که در مورد تجهیزات مربوط به خودکارکردن و کنترل از دور سیستم تهویهٔ معدن باید مراعات شود، در مرحلهٔ اول سادگی و سهولت کاربرد آنها و در مرحلهٔ دوم امکان کار کردن آنها در شرایط نامطلوب (پر گرد و غبار و مرطوب) است. باید توجه داشت که خودکارکردن تمام قسمت‌های تهویهٔ معدن ضروری نیست و تنها باید آن قسمت از عملیات را خودکار کرد که از نقطه‌نظر ایمنی و سرعت عمل لازم و ضروری است. از موارد مهم خودکار کردن بادبزن در مواقعی است که مشخصات شبکهٔ تهویه تغییر کند. هرگاه مقاومت یک شاخهٔ معدن افزایش یابد، مقاومت کلی شبکه معدن افزایش می‌یابد و بنابراین به کل معدن، هوای کمتری می‌رسد. در صورتی که بادبزن به طور خودکار کار کند، در این شرایط با تغییر دور یا زاویهٔ پره‌های آن، هوای بیشتری تولید می‌کند و میزان هوا در شاخهٔ موردنظر ثابت می‌ماند. بدیهی است در این حالت حجم هوای سایر شاخه‌ها نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب برقراری سیستم خودکار برای شدت جریان هوای شاخه‌ها کمک موثری در سهولت تهویهٔ معدن است.یکی از اثرات دیگر سیستم خودکار، ثابت نگه داشتن غلظت گازها و گرد و غبار مضر در هوای معدن است و می‌توان سیستم را به نحوی در نظر گرفت که به محض افزایش گازها، حجم هوایی که به شاخه می‌رسد نیز به همان نسبت افزایش یابد.

### ۵-۴- دستورالعمل انتخاب بادبزن فرعی

پس از محاسبه شدت جریان هوای لازم برای تهویه جبهه کار پیشروی، ابتدا باید فشار و شدت جریانی را که بادبزن فرعی باید تولید کند، محاسبه کرد. اگر $Q_.$ شدت جریان هوای لازم برای تهویه جبهه کار باشد، بادبزن باید شدت جریان $Q_f$ را تولید کند که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_f = Q_. + \Delta Q \qquad (۹-۵)$$

که در آن $\Delta Q$ میزان نشت هوا در لوله‌های تهویه است.میزان نشت هوا به جنس لوله‌ها و به ویژه به نوع اتصالات آنها بستگی و برای محاسبه آن رابطه زیر استفاده می‌شود[۸] :

$$\frac{Q_f}{Q_.} = \left(\frac{KDL}{۳l}\sqrt{R}\times ۱۰^{-۶} + ۱\right) \qquad (۱۰-۵)$$

که در آن:

$D$ = قطر لوله‌های تهویه برحسب متر

$R$ = مقاومت لوله‌های تهویه برحسب کیلومورگ

$L$ = طول کلی لوله‌های تهویه برحسب متر

$l$ = طول هر قطعه از لوله‌های تهویه برحسب متر

$Q_.$ = شدت جریان در جبهه کار برحسب مترمکعب در ثانیه

$Q_f$ = شدت جریانی که بادبزن باید تولید کند برحسب مترمکعب در ثانیه

$K$ = ضریب نشت و آن عبارت از شدت جریان هوایی است (برحسب مترمکعب درثانیه) که از محل اتصال لوله‌های تهویه به قطر یک متر و تحت اختلاف فشار یک میلیمتر آب به خارج از لوله نشت می‌کند.

مقدار ضریب $K$ در موارد مختلف به شرح زیر است:

در مورد لوله‌های فلزی با اتصال ضعیف: $۱۰^{۳} \times ۳$ تا $۱۰^{۳} \times ۷/۵$

در مودر لوله‌های فلزی به اتصال خوب: $۱۰^{۳} \times ۱$ تا $۱۰^{۳} \times ۵$

در مورد لوله‌های پارچه‌ای: $۱۰^{۳} \times ۱/۵$

پس از محاسبه شدت جریان بادبزن، افت فشار حاصل در لوله‌های تهویه فلزی ازرابطه زیر محاسبه می‌شود[۸] :

$$\Delta P = RQ_m^{۲} \qquad (۱۱-۵)$$

که در آن:

$\Delta P$ = افت فشار حاصل در لوله‌های تهویه برحسب میلیمتر آب

$R$ = مقاومت کلی لوله‌های تهویه برحسب کیلومورگ

$Q_m$ = شدت جریان متوسطی که از لوله‌ها می‌گذرد برحسب مترمکعب در ثانیه که خوداز رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_m = \frac{Q_{.} + Q_f}{۲} \qquad (۱۲-۵)$$

افت فشار لوله‌های پارچه‌ای نیز از رابطه زیر به دست می‌آید[۸] :

$$\Delta P = RQ_m^{۱/۷} \qquad (۱۳-۵)$$

مقاومت اصطکاکی لوله‌های تهویه نیز از رابطه عمومی مقاومت محاسبه می‌شود:

$$R_f = \frac{\alpha lp}{A^{۳}} \qquad (۱۴-۵)$$

ضریب $\alpha$ در مورد لوله‌های مختلف از جدول ۵-۱ به دست می‌آید.

پس از محاسبه مقاومت اصطکاکی لوله‌های تهویه، مقاومت‌های موضعی را نیزمحاسبه و با آن جمع می‌کنند تا مقاومت کلی به دست آید. از آنجا که پدیده‌های موضعی‌موجود در مسیر لوله‌های تهویه عمدتاً زانویی‌های ۴۵ و ۹۰ درجه است لذا از بابت هر کدام از آنها به ترتیب طولی معادل $۱۰ D$ و $۲۰ D$ به طول خط لوله اضافه می‌کنند که در آن $D$ قطر لوله‌ها است.

**جدول ۵-۱- ضریب اصطکاک $\alpha$ برای لوله‌های تهویه مختلف[۸]**

| نوع لوله | $\alpha$ |
|---|---|
| لوله‌های فلزی آهن سفید | ۰/۰۰۰۵–۰/۰۰۰۳ |
| لوله‌های P.V.C | ۰/۰۰۰۴–۰/۰۰۰۳ |
| لوله‌های برزنتی | ۰/۰۰۰۵–۰/۰۰۰۳ |

بدین ترتیب بادبزنی که برای سیستم تهویه فرعی انتخاب می‌شود باید شدت جریان $Q_f$ و فشاری معادل $\Delta P$ را تامین کند. نحوه انتخاب بادبزن‌های فرعی نیز مشابه‌بادبزن‌های اصلی است که در بند ۵-۲ آمده است. مطابق آئین‌نامه ایمنی ایران، ظرفیت هوادهی بادبزن فرعی نباید از ۷۰ درصد هوایی‌که از طریق تهویه اصلی معدن به محل نصب آن می‌رسد، بیشتر باشد. اگر برای تهویه ازچندین بادبزن به حالت موازی استفاده شده باشد، این امر در مورد شدت جریان کلی آنها نیز صادق است.

### ۵-۵- دستورالعمل نصب بادبزن‌های فرعی

از آنجا که لوله‌های تهویه باید در بالای تونل‌ها نصب شود تا هم فضای مفید پایین تونل را نگیرد و هم در اثر رفت و آمد لطمه‌ای به لوله‌ها وارد نشود لذا بادبزن نیز باید در حوالی سقف تونل‌ها نصب شود. بدین‌منظور معمولاً چهارپایه‌های فلزی را در زیر بادبزن قرار می‌دهند و لوله‌ها را به آن متصل می‌سازند. در مواردی که سقف تونل استحکام کافی داشته باشد، می‌توان با نصب پیچ سنگ در سقف تونل و ایجاد سکویی مناسب، بادبزن را نصب کرد. بسته به نوع نیروی محرکه بادبزن فرعی، سیستم تغذیه آن نیز باید آماده شود. درمعادن فلزی معمولاً از الکتروموتور و در معادن زغال گازدار از توربین‌های هوای فشرده بدین منظور استفاده می‌شود. نکته بسیار مهمی که در این مورد وجود دارد آن است که چون همزمان با پیشروی جبهه کار طول لوله‌های تهویه و در نتیجه مقاومت آنها به سرعت افزایش می‌یابد، لذا بادبزنی که برای مراحل اولیه کار انتخاب می‌شود، پس از مدتی دیگر جوابگو نخواهد بود و باید بادبزن یا بادبزن‌های دیگری را به حالت سری با آن وصل کرد تا فشار ایجادشده به وسیله چند بادبزن، بتواند افزایش افت فشار را جبران کند.

با توجه به اهمیت نشت هوا، اصولاً استفاده از روش نصب بادبزن‌ها با فاصله از هم برای استفاده همزمان از چند بادبزن، توصیه می‌شود.نکته مهمی که در مورد این سیستم نصب بادبزن‌ها باید رعایت شود، تعیین فاصله صحیح نصب بادبزن‌های بعد از بادبزن اول است. این فاصله باید به اندازه‌ای باشد که در محل نصب بادبزن بعدی، فشار هوای داخل لوله تهویه کمی بیش از فشار اتمسفر باشد.بدین‌منظور، منحنی تغییرات فشار هوای داخل لوله نسبت به طول آن را رسم می‌کنند. فاصله مناسب نصب بادبزن جایی است که منحنی تغییرات فشار، کمی بالاتر از محورلوله و یا حداقل مماس بر آن باشد (شکل ۵-۲- ب و ج).

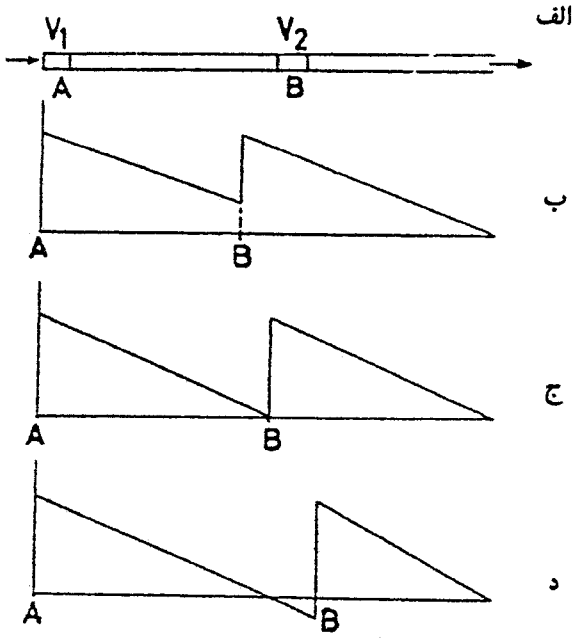
نصب بادبزن دوم به حالت د در شکل ۵-۲ صحیح نیست زیرا در این صورت، فشارهوای داخل لوله کمتر از فشار اتمسفر است و این امر موجب جمع شدن لوله‌های‌پارچه‌ای و نیز ورود هوای برگشتی از تونل به داخل لوله می‌شود.

### ۵-۶- دستورالعمل انتخاب و نصب لوله‌های تهویه

استفاده از لوله‌های تهویه مناسب، نقش مهمی در تهویه صحیح جبهه کارهای پیشروی دارد.

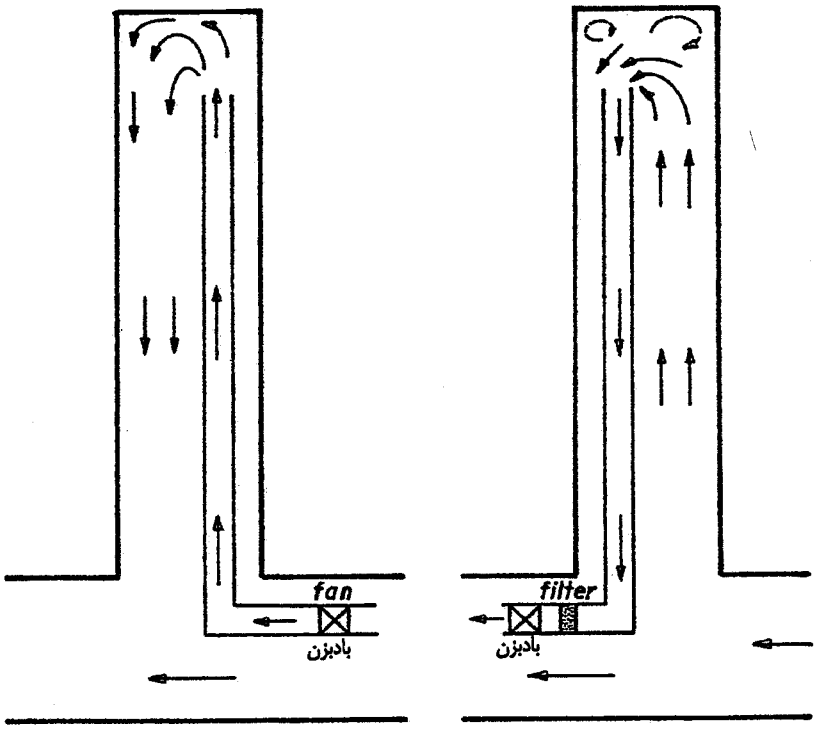
توصیه می‌شود که حتی‌المقدور از لوله‌های ویژه تهویه بدین منظور استفاده شود. سطح داخلی این لوله‌ها با ماده ویژه‌ای اندود شده است که سبب می‌شود ضریب اصطکاک آنها در حد قابل توجهی کاهش یابد. از سوی دیگر، سیستم اتصال قطعات این لوله‌ها به گونه‌ای است که نشت هوا را به حداقل می‌رساند.

برای آنکه الکتریسیته ساکنی که در اثر عبور هوا در جدار لوله القاء می‌شود خطری تولید نکند و به زمین تخلیه شود، باید لوله تهویه را در چندین نقطه با استفاده ازمفتول‌های فلزی به زمین و یا ریل وصل کرد.



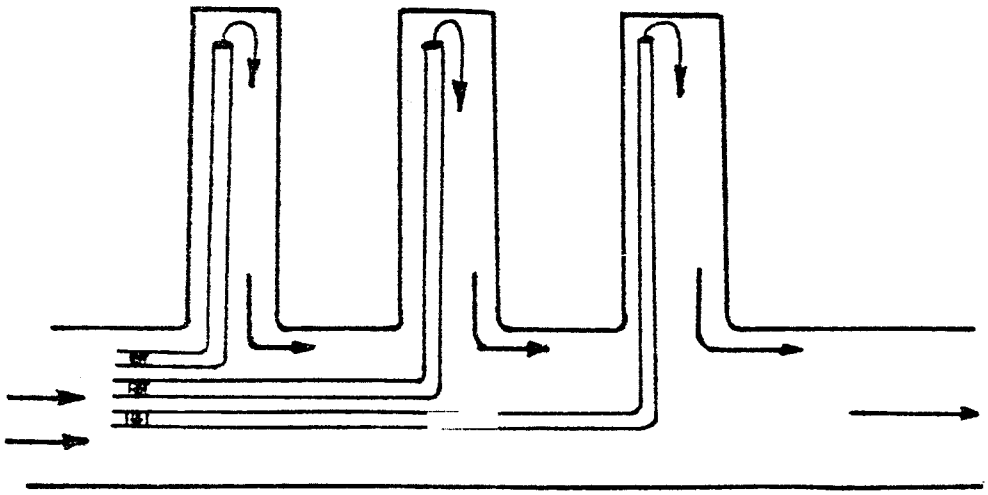

شکل ۵ـ۱ـ موقعیت مناسب نصب بادبزن‌های فرعی به حالت سری[۸]

برای آنکه فاصله بین انتهای لوله تهویه و جبهه کار پیشروی به خوبی تهویه شود، توصیه می‌شود که این فاصله در مورد معادن معمولی ۱۲ متر و در مورد معادن گازدار ۸ متر در نظر گرفته شود. از جمله نکات مهم دیگری که به هنگام نصب لوله‌های تهویه باید رعایت شود، جلوگیری از بازچرخش هوا و ورود هوای آلوده به جبهه کار تونل است. بدین‌منظور درسیستم تهویه دهشی باید محل نصب بادبزن چند متر قبل از مدخل بن‌بست و در سیستم تهویه مکشی، انتهای لوله چند متر بعد از مدخل آن باشد (شکل ۵-۳).




شکل ۵ـ۲ـ نحوه نصب لوله تهویه در سیستم‌های مکشی و دهشی [۱۲]

در مواردی که چندین جبهه کار به دنبال هم قرار گرفته باشند نیز باید لوله‌ها را به گونه‌ای نصب کرد که در سیستم دهشی، محل ورود هوا به تمام لوله‌های تهویه چند مترقبل از اولین بن‌بست و در روش مکشی چندین متر بعد از آن باشد (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۳- روش صحیح تهویه چند بن‌بست که به دنبال هم قرار گرفته‌اند[۸]

در مواردی که یک تونل در حال پیشروی باشد و قبل از جبهه کار آن نیز یک یا چند دویل حفر شده باشد، نحوه نصب لوله‌ها باید مطابق شکل ۵-۵ باشد تا از بازچرخش‌هوا و هدایت هوای آلوده به جبهه کارها جلوگیری شود. بدیهی است در این موارد باید باتوجه به فصل، جهت جریان تهویه طبیعی را نیز در نظر داشت.

## ۵-۷- دستورالعمل بازرسی سیستم تهویه معدن

در شروع هر شیفت کاری باید یک بازرسی کلی از سیستم تهویه معدن انجام گیرد. این بازرسی که باید حداکثر ظرف مدت ۳ ساعت به وسیله متصدی ویژه این کار انجام گیرد، شامل موارد زیر است [۱۰]:

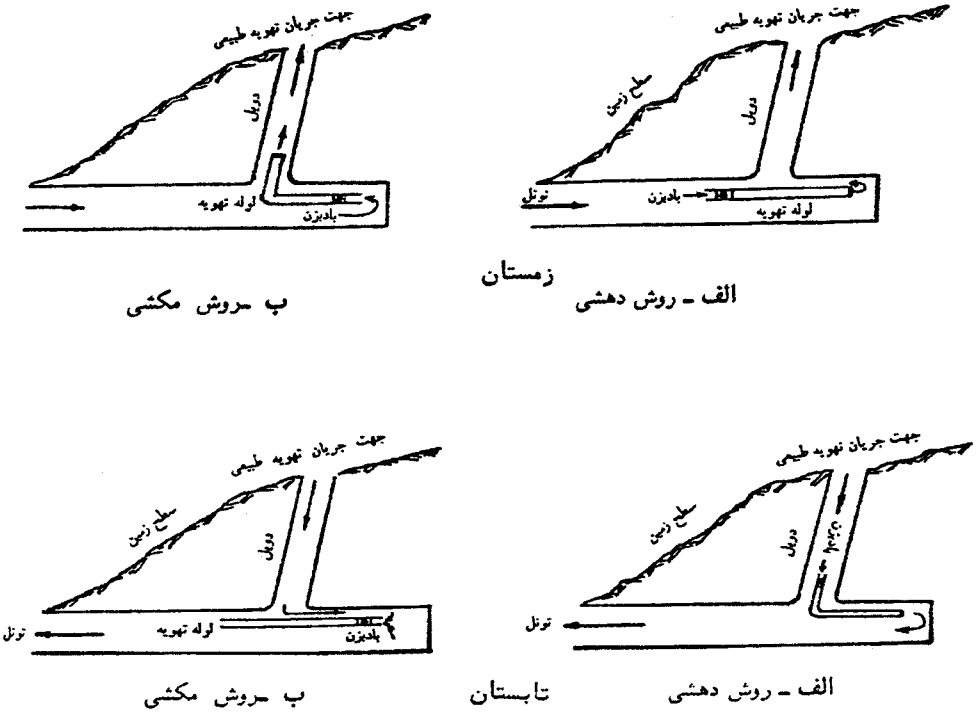
۱. اندازه‌گیری درصد گاز زغال در تمام قسمت‌های فعال معدن
۲. اندازه‌گیری درصد اکسیژن
۳. کنترل سدها و درهای تهویه از نظر نشت
۴. کنترل مقدار و جهت جریان هوا در شاخه‌ها

نظیر چنین بازرسی باید حداقل سه ساعت قبل از شروع کار در محل‌های جدید، انجام‌گیرد.

اندازه‌گیری شدت جریان هوا در راهروهای اصلی ورودی و خروجی معدن

اندازه‌گیری شدت جریان هوا در آخرین میان‌بر باز در حد فاصل دو راهرو در حال پیشروی و نیز در آخرین میان‌بر باز واقع در بین پایه‌ها در روش استخراج اطاق و پایه

اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در تمام جبهه کارهای پیشروی و کارگاه‌های استخراج




**شکل ۵ـ۴ـ نحوه نصب‌لوله‌های تهویه باتوجه به‌جریان تهویه‌طبیعی در فصل‌های زمستان و تابستان [۸]**

اندازه‌گیری شدت جریان هوا در ابتدای راهرو هر ردیف از پایه‌ها

اندازه‌گیری شدت جریان هوا در ابتدا و انتهای هر یک از شاخه‌های تهویه که این بازدیدها باید به وسیله شخص متخصص این کار انجام گیرد.

هر معدن زیرزمینی باید دارای نقشه تهویه باشد. محاسبات و نقشه تهویه باید حداقل هر شش‌ماه یکبار و همچنین به هنگام تغییر در شبکه حفریات معدنی تجدید شود. در نقشه تهویه معدن باید مشخصات مسیرهای تهویه، مشخصات بادبزن‌های اصلی و فرعی، جهت‌های جریان هوا، مقدار هوا، محل‌های درب‌ها و پنجره‌ها و سایر خصوصیات تهویه نشان داده شود. نسخه‌هایی از نقشه تهویه و همچنین نقشه رفع سوانح باید نزد سرپرست معدن، مسئول ایمنی، مسئول نجات، مسئول تهویه و سایر مسئولین مربوطه موجود و در دفتر معدن نیز نصب شده باشد.

راهروهای مخصوص گردش هوا باید مرتباً بازدید شود و بدون مانع باشد و در صورت ریزش، سریعاً تعمیر شود.

بادبزن‌ها باید هر هفته به وسیله مسئول مربوطه بازدید شود.

دیواری که برای نصب در تهویه ساخته می‌شود باید از اطراف در داخل سنگ‌های تونل فرو برود و کاملاً محکم و نفوذناپذیر باشد. محل عبور افراد باید از محل عبور وسایل‌نقلیه مجزا شود. بلندترین نقطه وسیله نقلیه تا بالای چهارچوب در باید حداقل ۵۰ سانتیمتر و از پهلوها حداقل ۲۵ سانتیمتر فاصله داشته باشد.

استفاده از پرده‌های پارچه‌ای از قبیل برزنت و غیره به جای درهای تهویه ممنوع است.

حتی‌المقدور باید ۲ درب برای راهروهایی که به نصب درب تهویه نیاز دارند و ۲ یا ۳ درب برای راهروهای پرعبور و مرور احداث شود. فاصله نصب درب‌های متوالی از یکدیگر در راهروهای باربری باید از طول یک قطار واگن بزرگتر و در سایر راهروها حداقل ۵ متر باشد. به هنگام عبور و مرور، همواره باید حداقل یکی از درهای متوالی را بسته نگه داشت.

هنگامی که در جریان تهویه عادی قسمتی از معدن خللی حاصل شود و مدت آن بیش از ۳۰ دقیقه به طول انجامد، تا برقراری مجدد تهویه، کار در آن قسمت باید تعطیل شود.

ایستگاه‌های اندازه‌گیری شدت جریان هوا باید در محل‌های اصلی ورودی، خروجی و در قسمت‌هایی که مسیر آن مستقیم و کیفیت لارده‌گذاری آن خوب باشد، احداث شود. همچنین در محل‌های یادشده باید تابلویی باشد که بتوان اندازه‌گیری، سطح مقطع عرضی راهرو هوا، مقادیر واقعی و محاسبه‌ای شدت جریان و سرعت هوا را در آن یادداشت کرد.

تکنیسین‌های گروه تهویه و مسئولان اندازه‌گیری گاز موظف‌اند قبل از شروع هر شیفت کاری در محل کار حاضر شوند و کارگاه‌ها و محل‌های مشکوک را بازدید کرده و غلظت گاز زغال را به وسیله دستگاه گاز زغال‌سنج اندازه‌گیری کنند.

در صورت بالاتر بودن غلظت گاز زغال از حد مجاز، باید از ورود کارگران به آن محل جلوگیری به عمل آورد و تحت نظر مسئولین مربوطه، نسبت به افزایش شدت جریان هوا به منظور پایین آوردن غلظت گاز زغال تا حد مجاز، اقدام کرد.

محل‌ها و فواصل زمانی اندازه‌گیری غلظت گاز زغال به وسیله سرپرست معدن یا مسئول‌ایمنی تعیین می‌شود. به هرحال، حداقل تعداد دفعات اندازه‌گیری غلظت گاز، در محل‌های فاقد گازسنج خودکار ثابت، باید به شرح زیر باشد:

هوای برگشتی از هر جبهه کار فعال، در معادن طبقه ۱ و ۲ دوبار در هر نوبت کاری و در معادن طبقه ۳ و ۴ و معادن خطرناک از نظر پرتاب ناگهانی، سه بار در هر شیفت کاری.

هوای برگشتی از هر جبهه کار غیرفعال یک بار در روز.

در جایگاه ماشین‌آلات (مثل وینچ و غیره) یک بار در روز.

هوای خروجی معدن یک بار در روز.

علاوه بر اندازه‌گیری‌های منظم جاری، تمام کارکنان نظارت فنی (مسئولین ایمنی،مهندسین و تکنیسین‌ها) موظف‌اند به هنگام بازدید از جبهه کارها، غلظت گاز را اندازه‌گیری کنند.

اگر غلظت گاز زغال در محلی بیش از حد مجاز باشد، باید بلافاصله جریان برق را قطع، کار را تعطیل و کارگران را از محل خارج کرد. شروع مجدد کار پس از انجام تهویه کافی و رسیدن غلظت گاز به حد مجاز امکان‌پذیر است.

آتشباری در شرایطی که غلظت گاز زغال بیش از ۱ درصد باشد ممنوع است.

در معادن دارای گاز زغال و گرد و غبار خطرناک، انجام هر نوع عملی که جرقه یا شعله ایجاد کند ممنوع است و کلیه تجهیزات و دستگاه‌ها باید ضدجرقه باشند.

قطع سیستم تهویه یا خاموش کردن بادبزن‌های اصلی یا تعویض سیستم کار آنها به استثنای موارد اجتناب‌ناپذیر و سوانح، فقط باید با دستور کتبی مسئول یا سرپرست معدن و اطلاع مسئول ایمنی انجام گیرد.

قسمت‌هایی که بهره‌برداری آنها به پایان رسیده است یا موقتاً تعطیل شده‌اند و یا مورد استفاده قرار نمی‌گیرند نیز باید مانند سایر قسمت‌ها به خوبی تهویه شده و یا به وسیله مصالح مناسب به‌طور نفوذ ناپذیر کاملاً مسدود شوند.

در معادنی که احتمال خودسوزی دارند، باید حداقل یک بار در هر نوبت کاری غلظت دی اکسید کربن در جبهه کارها اندازه‌گیری شود.

در روزهای پس از تعطیلی و یا پس از هرگونه توقف طولانی دستگاه‌های تهویه، مسئول تهویه باید تمام بادبزن‌ها را به کار اندازد و مسئول معدن پس از حصول اطمینان از تهویهٔ مناسب به کارگران اجازهٔ ورود به معدن را بدهد.

حداقل در هر ماه یک بار باید صحت عمل دستگاه‌های تغییرجهت گردش بادبزن‌ها توسط سرمکانیک معدن و مسئول تهویه بازدید و بررسی و نتایج آن در دفتر مخصوصی منظور شود.

به هنگام کارکردن بادبزن‌ها، بازکردن دریچه‌ها، کانال‌ها و وارد شدن به آنها ممنوع‌است.

به هنگام کارکردن و انجام تعمیرات در کانال‌های تهویه، باید ترمز بادبزن را به طوردستی متوقف کرد.

به هنگام تعمیرات و سرویس کاری باید کلید فشارقوی را قطع و روی کلید، کاغذی را که متن زیر در آن نوشته شده است، نصب کرد: روشن نکنید افراد مشغول کار هستند.

به هنگام بیرون آوردن پره‌ها از چرخ دوار، نباید روبروی انتهای پره‌ها ایستاد زیرا اگرفنر آنها سفت باشد، ممکن است به بیرون پرتاب شوند.

سرویس کار بادبزن‌ها باید مجهز به وسایل حفاظتی نظیر: چکمه، دستکش، فرش‌لاستیک، پلاکاردهای احتیاطی و نظایر آنها باشد.

تمامی قسمت‌های برقی باید عایق باشند.

تمامی قسمت‌های فلزی و بادبزن‌های اصلی باید سیستم اتصال به زمین داشته باشند.

بادبزن‌ها باید حداقل یک بار در شبانه‌روز توسط افرادی که از طرف سرمکانیک معدن معین شده‌اند، بازدید شوند.

بازدید بادبزن‌های اصلی باید طبق دستورالعمل سرمکانیک و با رعایت ترتیب و اولویت ذکر شده در آن انجام شود.

برای ثبت بازرسی‌های انجام شده و معایب و رفع عیب‌های انجام شده باید دفتر مخصوصی در کنار بادبزن وجود داشته باشد.

بادبزن‌های اصلی باید حداقل یک بار در سال توسط گروه ویژه‌ای بازدید و تنظیم‌شوند.

به هنگام بازدید سالانه باید راندمان کار بادبزن‌ها توسط گروه ویژه اندازه‌گیری شود.

ضمن بازدید بادبزن‌های محوری، قسمت‌های زیر باید بازرسی شوند:

وضعیت پره‌ها، زاویهٔ انحراف پره‌ها، عدم ترک‌خوردگی و تورفتگی آنها.

کنترل فواصل بین انتهای پره‌ها، سرپوش و فواصل محوری بین بوش‌های چرخ دوار و بوش‌های هدایت کننده از دستگاه‌های یکسوکننده.

کنترل چرخ دوار، عدم ترک‌خوردگی، کنترل محلهای جوشکاری از طریق ضربه با چکش.

کنترل وضعیت سرپوش دستگاه‌های هدایتی و یکسوکننده‌ها و دستگاه‌های ترمز.

به هنگام بازدید بادبزن‌های گریز از مرکز موارد زیر باید کنترل شوند:

کنترل وضعیت چرخ دوار، محل‌های جوش داده شده و محل‌های پرچ شده.

کنترل وضعیت سرپوش‌های حفاظتی

در مورد تمامی بادبزن‌ها باید موارد زیر را کنترل کرد:

وضعیت اتصالی‌ها

- وضعیت الکتروموتور، دستگاه راه‌اندازی
- وضعیت دستگاه‌های مسدودکننده، دستگاه‌های تبدیل جهت (دریچه‌ها، جرثقیل ، بلوک‌ها، کنتاکت‌ها و واشرها).
- کنترل قسمت‌های هدایتی.

- هر ماه یک مرتبه باید بادبزن در حال کار را متوقف و بادبزن رزرو را راه‌اندازی کرد و وضعیت کار آن را مورد بررسی قرار داد.
- در سرویس فنی روزانه باید که دمای بلبرینگ‌ها از ۷۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند.
- در سرویس فنی روزانه باید کلیهٔ اتصالات پیچ و مهره‌دار بازرسی شوند و اطمینان به‌عمل آید که همگی محکم باشند.
- بادبزن‌های در حال کار، نباید صدای اضافی داشته باشند.
- یاتاقان‌های طبلک موتور هدایت کننده و دستگاه یکسوکننده باید تمیز باشند و به‌طورمرتب گریس‌کاری و سرویس شوند.
- گرد و غبار و گرد زغال واقع بر روی پره‌ها باید به وسیله برس و پارچه زدوده شود.
- اگر ترک خوردگی یا تورفتگی پره‌ها زیاد باشد باید آنها را تعویض کرد.
- به هنگام تعویض پره‌ها باید آنها را دوبه‌دو، همان‌گونه که مشخص شده، تعویض کرد.
- پوستهٔ بلبرینگ‌ها باید همیشه تمیز باشد و گریس آنها تعویض شود.
- تعویض گریس باید بعد از هر ۴۰۰۰ ساعت کار انجام شود.

### ۵-۸- تجهیزات کنترل نشت هوا

از جمله مشکلات مهم سیستم تهویه، نشت هوا است که سبب می‌شود بخش مهمی‌از شدت جریان هوای تولید شده به وسیله بادبزن، بدون اینکه کار مفیدی در جهت‌تهویه انجام دهد، تلف شود. از سوی دیگر، در مواردی که ماده معدنی قابلیت‌خودسوزی داشته باشد، عبور هوا از قسمت‌های استخراج شده، شکاف‌ها و ترک‌های‌ماده معدنی، سبب آتش‌سوزی می‌شود.

### ۵-۸-۱- روش‌های تعیین میزان نشت هوا

برای تعیین میزان نشت هوا روش‌های زیر وجود دارد[۸] :

الف - در مواردی که نشت هوا زیاد محسوس باشد، می‌توان مستقیماً و به کمک سرعت سنج، شدت جریان هوای هدررفته را محاسبه کرد.

ب - در مواقعی که نشت هوا در اطراف تاسیسات تهویه اتفاق افتد، می‌توان میزان هوا راقبل و بعد از آن تعیین کرد و از تفاوت آنها میزان نشت را به دست آورد.

ج - در داخل حفریه معدنی که در طول آن هوا نشت می‌کند، یک سد هوا که درجهٔ تنظیم‌کننده کوچکی دارد، احداث می‌کنند. سپس سرعت و در نتیجه شدت جریان هوایی را که‌از دریچه عبور می‌کند اندازه می‌گیرند و از اختلاف این دو، میزان نشت هوا به دست‌می‌آید.

د - با استفاده از دود و تعقیب آن در شبکه‌های معدنی می‌توان به وجود نشت هوا پی برد.

ه - در بعضی موارد با استفاده از مواد رادیواکتیو و تعقیب آن در قسمت‌های مختلف معدن، نظیر قسمت‌های استخراج شده، سدها و نظایر آنها، محل‌های نشت هوا رامشخص می‌کنند.

**۵-۸-۲- تقسیم‌بندی نشت هوا**

نشت هوا را از نظرهای مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند که دو روش مرسوم یکی تقسیم‌بندی بر مبنای محل نشت و دیگری براساس نوع نشت است که در زیر به اختصارآمده است:

الف – تقسیم‌بندی برمبنای محل نشت

در این تقسیم‌بندی نشت هوا به انواع زیر تقسیم می‌شود[۸] :

۱. نشت هوا با ایجاد مدار کوتاه در دهانهٔ چاه خروجی هوا.
۲. نشت هوا در ته چاه که شامل نشت هوا در بونکرهای زغال به هنگام حمل و نقل زغال‌با اسکیپ نیز می‌شود.
۳. نشت هوا از درها و سایر تاسیسات تهویه.
۴. نشت هوا از یک حفریه معدنی به حفریه معدنی دیگر که به موازات آن حفر شده‌است.
۵. نشت هوا از قسمت‌های استخراج شده.

ب – تقسیم‌بندی برمبنای نوع نشت

در این تقسیم نشت هوا به انواع زیر تقسیم می‌شود[۸] :

۱. نشت‌های موضعی
۲. نشت‌های با توزیع مداوم

مهمترین نشت‌های موضعی عبارتند از:

نشت در ته چاه ورودی هوا در اثر ایجاد اتصال کوتاه از طریق سدها و دریچه‌هایی که ممکن است خوب هوابندی نشده باشند.

نشت هوا در کف چاه و تاسیسات اطراف آن

نشت هوا از تاسیسات تهویه مثل سدهای هوا، پل‌های هوا، هوابندها، ساختمان‌های‌سطحی و دهانهٔ چاه، راهروی مخصوص بادبزن.

مهمترین نشت‌های مداوم عبارتند از:

۱. قسمت‌های استخراج شده
۲. راهروهای دوگانه‌ای که به موازات هم حفر می‌شوند
۳. درز لوله‌های تهویه

**۵-۸-۳- عوامل موثر در نشت هوا**

عوامل موثر در بهترین قسمت‌هایی که نشت از درون آنها انجام می‌گیرد به شرح زیراست [۸]:

الف – نشت هوا در محل‌های استخراج شده

هرچقدر ضخامت مادهٔ معدنی کمتر و عمق آن بیشتر باشد، مقاومت قسمت‌های استخراج شده در برابر نشت زیادتر است.

هرچقدر فاصله بین طبقات بیشتر باشد، مقاومت زیادتر است.

هرچقدر مواد سقف کارگاه آسانتر خرد شود، مواد پرکننده قسمت‌های استخراج شده‌بیشتر فشرده شده و نفوذپذیری آنها نسبت به هوا کمتر می‌شود.

اگر لنگه‌هایی که در قسمت‌های استخراج شده احداث می‌شود، منظم و مداوم باشد، مقاومت قسمت‌های استخراج شده زیادتر می‌شود.

احداث سدهای محکم و اندودکردن آنها، نشت هوا را کمتر می‌کند.

نفوذپذیری قسمت‌های پرشده به مرور زمان کاهش می‌یابد.

برای کاهش نشت هوا در محل‌های استخراج شده بایستی تمهیدات زیر را به کار برد:

پرکردن کامل محل استخراج شده.

انتخاب شیوهٔ استخراج پسرو، زیرا در این روش، بین تونل‌های بالا و پایین کارگاه استخراج همواره مادهٔ استخراج نشده وجود دارد که مانع نشت هوا می‌شود.

انتخاب روش تهویهٔ کناری، زیرا در این روش، هوا از قسمت‌های استخراج شده کمترعبور می‌کند و نشت کلی هوا کاهش می‌یابد.

افزودن سطح مقطع راهروی بالا و پایین کارگاه که سبب کمتر شدن اختلاف فشار بین آن‌دو و در نتیجه کاهش میزان نشت می‌شود.

باید توجه داشت که در بعضی موارد، نشت هوا ممکن است مفید باشد. مثلاً نشت هوا از محل‌های استخراج شده معادن گازدار، این قسمت‌ها را تهویه کرده و از تجمع گازدر آنجا جلوگیری می‌کند. همچنین در مواقعی که تصاعد گاز از دیوارهٔ راهروهای‌برگشت هوا زیاد باشد، نشت هوا به داخل این قسمت‌ها سبب رقیق شدن گازها می‌شود.گاه نیز تراوش هوا از درون لوله‌های تهویه‌ای که دربن‌بست‌ها نصب شده‌اند، به برطرف‌شدن گازهای ناشی از آتشباری کمک می‌کند.

ب – نشت هوا از درون لنگه‌های بالا و پایین کارگاه

در فاصلهٔ ۵۰ تا ۱۰۰ متری از کارگاه استخراج، جریان هوا کاملاً مغشوش است. هرچقدر فاصله از کارگاه زیاد شود، همراه با فشرده شدن موادموجود در محل‌های استخراج شده، جریان هوا ابتدا به حالت بینابین و سپس به حالت‌آرام تا نزدیک به آرام درمی‌آید[۸].

میزان عبور هوا از این لنگه‌ها به عوامل زیر بستگی دارد[۸] :

۱. مقاومت آئرودینامیکی لنگه.
۲. اختلاف فشاری که نشت هوا را در این قسمت‌ها سبب می‌شود.
۳. سطح مقطع و عرض لنگه.

ج – نشت هوا در حفریات معدنی موازی

در بعضی موارد که دو حفریه معدنی به فاصلهٔ نزدیکی به موازات هم حفر و یا یک حفریه معدنی واحد به وسیله دیواره‌ای سرتاسری به دو قسمت مجزا تقسیم شده باشد ،بین این دو قسمت به مقدار قابل توجهی هوا مبادله می‌شود. میزان نشت هوا در چنین‌حالاتی به عوامل گوناگون از قبیل فاصله، نفوذپذیری و جنس سنگ‌های ناحیه بستگی دارد.

د – نشت هوا در بادبزن‌های تقویتی

در مواقعی که در داخل راهروهای معدنی، بادبزن تقویتی نصب می‌شود، فشار هوادر بالادست و پایین دست بادبزن نسبت به فشار اولیه به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد و این امر سبب می‌شود که مقدار قابل توجهی از هوا در اطراف بادبزن، بازچرخش پیداکند. به عبارت دیگر، به علت اختلاف فشار زیاد در طرفین بادبزن، هوا مجدداً به پشت‌آن برمی‌گردد و حرکت گردشی آن ادامه می‌یابد. در این موارد، نکات زیر را می‌توان بیان‌کرد:

هرچقدر محل نصب بادبزن تقویتی به ابتدای راهروی ورودی هوا نزدیکتر باشد، مقدار هوایی که از راهروی برگشت هوا به داخل تونل باربری زیرین رانده می‌شود، کمترخواهد بود.

هرچقدر محل نصب بادبزن تقویتی به کارگاه استخراج نزدیکتر باشد، طول قسمتی که‌در آن هوا از راهروی بالایی به تونل پایینی رانده می‌شود بیشتر است. از سوی دیگر ازآنجا که مقاومت قسمت‌های استخراج شده در حوالی کارگاه نسبتاً کم است، لذا مقدار قابل توجهی هوا در این ناحیه از درون قسمت‌های استخراج شده نشت خواهد کرد.

برای جلوگیری از پدیدهٔ بازچرخش هوا در اطراف بادبزن تقویتی، بهتر است بادبزن تقویتی در راهروی برگشت هوا و در محلی که مواد پرکنندهٔ محل استخراج شده کاملاً متراکم شده باشد، نصب شود.

باید توجه داشت که نصب بادبزن تقویتی در راهروی برگشت هوا تنها در مورد معادن فلزی و معادن زغالی فاقد گازهای آتش‌گیر مجاز است و در مورد معادن گازدار درصورتی می‌توان بادبزن را در راهروی برگشت هوا نصب کرد که تاسیسات بادبزن، ضدجرقه و کاملاً ایمن باشد.

## فهرست منابع به ترتیب استفاده در متن


[۱] – شورایعالی تدوین ضوابط و مغلظت‌های معدنی (۱۳۸۲)
جزئیات شرح خدمات زیر پروژه مقررات تهویه در معادن
وزارت صنایع و معادن – معاونت معدنی

[۲] – دفتر نظارت و ایمنی معادن (۱۳۸۱)
آئین‌نامه ایمنی در معادن
وزارت صنایع و معادن

[۳] – اداره کل معادن (۱۳۳۶)
آئین‌نامه فنی و نظارت بر معادن کشور
وزارت صنایع و معادن

[۴] – مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار (۱۳۷۹)
آئین‌نامه پیشنهادی ایمنی معادن
وزارت کار و امور اجتماعی

[۵] – قوانین ایمنی در معادن زغال‌سنگ (۱۳۵۰)
شرکت ملی ذوب آهن ایران

[۶] – شرکت پیشگامان صنعت فولاد (۱۳۸۲)
طرح جامع ایمنی، نجات و بهداشت محیط کار در معادن
شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران

[7] -Top 20 Web Results on Mine Ventilation Rules (2004)
http/rds.yahoo.com

[۸] – مدنی، حسن (۱۳۸۱)
تهویه در معادن (چاپ سوم)
انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

[۹] – مدنی، حسن (۱۳۸۱)
اصول استخراج معادن – جلد دوم (چاپ سوم)
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[10] -Hartman, Howard L. (1997)
Mine Ventilation and Air Conditioning
John Wiley & Sons, Inc

[11] -Hall, C. J. (1998)
Mine Ventilation Engineering
.S.M.E. Inc

[12] -Mc Pherson, J. Malcolm (1998)
Subsurface Ventilation and Environmental Engineering
Chapman and Hall

[13] -Skoshinsky, A. Komarov, V. (1989)
Mine Ventilation
Mir Publishers – 1989)

[14] -Hunosa (2003
Ventilation and Safety
Hunso Mining Co., Spain

[۱۵] – کمیته پیارک (۱۹۹۹)
آلودگی ناشی از دی‌اکسیدنیتروژن وکنترل تهویه براساس ترافیک در تونل‌های راه
ترجمه: حسن مدنی
مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری

[16] -Chamber of Mines (1985)
Quality of Mine Air
South African Chamber of Mines

[۱۷] – مدنی، حسن (۱۳۷۸)
تونلسازی – جلد دوم: خدمات فنی
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[18] -Sengupta, Mirtunjoy (1990)
Mine Environmental Engineering
.CRC Press Inc

[۱۹] – مدنی، حسن
بازرسی در معادن
انتشارات موسسه آموزشی پژوهشی – وزارت صنایع و معادن

[۲۰] – مدنی، حسن (۱۳۸۲)
تهویه در معادن – جلد دوم
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[۲۱] - مدنی، حسن (۱۳۸۱)
اصول استخراج معادن - جلد اول - چاپ سوم
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[۲۲] - محمودی، نصراله (۱۳۴۷)
استخراج معادن - جلد پنجم
انتشارات دانشگاه تهران

[23] -Air Requirements for Australian Mines (2004)
Internet Information Services

[24] -Keith, G., Wallace, Jr. (2004)
General Operation Characteristies and Industry
Practices of Mine Ventilation Systems
.Mine Ventilation Services, Inc., U.S.A

[۲۵] - مروت، علی‌اکبر (۱۳۸۰)
طراحی سیستم تهویه معدن زغال‌سنگ پروده ۱- منطقه طبس
پایان‌نامه کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
استاد راهنما: حسن مدنی

[۲۶] - مفتی، زامار (۱۳۸۱)
طراحی سیستم تهویه ومدلسازی‌کامپیوتری شبکه تهویه معدن زغال‌سنگ کیاسر
پایان‌نامه کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
استاد راهنما: حسن مدنی

[۲۷] - زراسی، آرش (۱۳۸۳)
بهینه‌سازی تعدیل شبکه‌های تهویه با استفاده از روش‌های تحقیق در عملیات
پایان‌نامه کارشناسی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
استاد راهنما: حسن مدنی

[۲۸] - یونسی، احمدرضا (۱۳۸)
بهینه‌سازی کامپیوتری بادبزن‌ها در شبکه‌های تهویه
پایان‌نامه کارشناسی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
استاد راهنما: حسن مدنی

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سالهای اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

# فهرست نشریات منتشر شده در سالهای اخیر

# دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

# سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی | ۵۵ | ۱۳۸۳ | | ۱ | تجدیدنظر دوم |
| مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی<br>جلد دوم – تأسیسات برق جریان ضعیف | ۲-۱۱۰ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان<br>جلد ششم – نقشه‌های جزئیات | ۶-۱۲۸ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی<br>جلد اول – مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۱-۲۳۵)<br>جلد دوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲-۲۳۵)<br>جلد سوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۳-۲۳۵)<br>جلد چهارم – معیارهای فنی و تحویل موقت سیلو | ۲۳۵ | ۱۳۸۲<br>۱۳۸۱<br>۱۳۸۳<br>۱۳۸۴ | | ۳ | |
| راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران | ۲۴۰ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات مرحله دوم تسطیح و قطعه‌بندی اراضی کشاورزی | ۱-۲۴۴ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی سینما | ۲۴۵ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی حرکتی | ۲۴۶ | ۱۳۸۲ | | ۱ | |
| دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی | ۲۴۷ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها | ۲۴۸ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی | ۲۴۹ | ۱۳۸۲ | | ۲ | |
| آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده | ۲۵۰ | ۱۳۸۲ | | ۱ | |
| فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود | ۲۵۱ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی درحین اجرا | ۲۵۲ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| آیین نامه نظارت و کنترل برعملیات و خدمات نقشه برداری | ۲۵۳ | ۱۳۸۲ | | ۱ | |
| دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی:<br>جلد اول – دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی(۱-۲۵۴)<br>جلد دوم – شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثارزیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴)<br>جلد سوم – دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب .....(۳-۲۵۴) | ۲۵۴ | ۱۳۸۲ | | ۳<br>۱<br>۳ | |
| دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور وسدیمی در ایران | ۲۵۵ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| استانداردهای نقشه کشی ساختمانی | ۲۵۶ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت | ۲۵۷ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب | ۲۵۸ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب | ۲۵۹ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله باآن درمحدوده پایه های پل | ۲۶۰ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار | ۲۶۱ | ۱۳۸۲ | | ۱ | |
| فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبگیری ( مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ ) | ۲۶۲ | ۱۳۸۲ | | ۲ | |

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبگیری ( سردخانه سازی) | ۲۶۳ | ۱۳۸۲ | | ۲ | |
| آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران | ۲۶۴ | ۱۳۸۲ | | ۱ | |
| برپایی آزمایشگاه آب | ۲۶۵ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| ۱- دستورالعمل تعیین اسیدیته و قلیائیت آب<br>۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب | ۲۶۶ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| **آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور**<br>ایمنی راه و حریم (جلد اول) ۱-۲۶۷<br>ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ۲-۲۶۷<br>ایمنی علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷<br>تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷<br>تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷<br>ایمنی بهره‌برداری (جلد ششم) ۶-۲۶۷<br>ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم) ۷-۲۶۷ | ۲۶۷ | ۱۳۸۴ | | ۱ | |
| دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها | ۲۶۸ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب | ۲۶۹ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی کتابخانه‌های عمومی کشور | ۲۷۰ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور | ۲۷۱ | ۱۳۸۲ | | ۳ | |
| راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها | ۲۷۲ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی | ۲۷۳ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| دستورالعمل نمونه‌برداری آب | ۲۷۴ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب | ۲۷۵ | ۱۳۸۳ | | ۱ | |
| شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل | ۲۷۶ | | | | |
| راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن | ۲۷۷ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری | ۲۷۸ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن | ۲۷۹ | ۱۳۸۳ | | ۱ | |
| مشخصات فنی عمومی راهداری | ۲۸۰ | ۱۳۸۳ | | ۱ | |
| ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی | ۲۸۱ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز | ۲۸۲ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی | ۲۸۳ | | | | |
| راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه | ۲۸۴ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب | ۲۸۵ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار | ۲۸۶ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی- جراحی ۱-۲۸۷ | ۲۸۷-۱ | ۱۳۸۳ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری<br>**جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی<br>**جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تاسیسات برقی<br>**جلد چهارم** : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۲) | | | | | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| بخش مراقبت‌های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲ | ۲۸۷-۲ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی | | | | | |
| **جلد چهارم** : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۳) بخش اعمال زایمان ۲۸۷-۳ | ۲۸۷-۳ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی | | | | | |
| **جلد چهارم** : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۴) بخش بستری زایمان ۲۸۷-۴ | ۲۸۷-۴ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۵) بخش نوزادان NICU ۲۸۷-۵ | ۲۸۷-۵ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۶) بخش خدمات زایمان ۲۸۷-۶ | ۲۸۷-۶ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی | | | | | |
| طراحی بناهای درمانی (۷) بخش خدمات زایمان ۲۸۷-۷ | ۲۸۷-۷ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| **جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری | | | | | |
| **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی | | | | | |
| **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی | | | | | |
| آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن | ۲۸۸ | ۱۳۸۳ | | ۱ | |
| راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان‌ها | ۲۸۹ | ۱۳۸۳ | | | |
| دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش<br>دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش | ۲۹۰ | | | | |
| جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب | ۲۹۱ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر | ۲۹۲ | | | | |
| مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر | ۲۹۳ | | | | |
| مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر | ۲۹۴ | | | | |
| مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر | ۲۹۵ | | | | |
| راهنمای بهسازی رویه‌های شنی و آسفالتی | ۲۹۶ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور | ۲۹۷ | ۱۳۸۴ | | | |
| مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳) | ۲۹۸ | ۱۳۸۴ | | | |
| فهرست جزئیات خدمات ساماندهی و تجهیز و نوسازی اراضی تحت پوشش تعاونی تولید روستایی | ۲۹۹ | ۱۳۸۵ | | ۲ | |

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (۱۱ جلد)<br>۱- ملاحظات محیطی و بارگذاری<br>۲- مصالح<br>۳- مکانیک خاک و پی<br>۴- اصول و مبانی مطالعات و طراحی بنادر<br>۵- موج‌شکنها و سازه‌های حفاظتی<br>۶- سازه و تجهیزات پهلوگیری<br>۷- آبراهه و حوضچه<br>۸- تسهیلات و تجهیزات بهره‌برداری و پشتیبانی بنادر<br>۹- سکوهای دریایی<br>۱۰- ملاحظات زیست‌محیطی بنادر<br>۱۱- سازه و تجهیزات تعمیر شناور | ۳۰۰ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن | ۳۰۱ | ۱۳۸۴ | | ۱ | |
| دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل | ۳۰۲ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله‌های آب و فاضلاب شهری | ۳۰۳ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| راهنمای طراحی نمای ساختمان‌های عمومی | ۳۰۴ | ۱۳۸۵ | | | |
| شرح خدمات مطالعات برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های تفصیلی – اجرایی جنگلداری جنگل‌های شمال کشور | ۳۰۵ | ۱۳۸۵ | | | |
| آماده‌سازی و تمیزکاری سطوح فلزی جهت اجرای پوشش | ۳۰۶ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه | ۳۰۷ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| راهنمای طراحی دیوارهای حائل | ۳۰۸ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| راهنمای طراحی سازه‌ای تونل‌های آب‌بر | ۳۰۹ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور | ۳۱۰ | ۱۳۸۴ | | | |
| راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی | ۳۱۱ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی | ۳۱۲ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری | ۳۱۳ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| ارزیابی ظرفیت وام‌گیری کشاورزان در طرح‌های آبیاری و زهکشی | ۳۱۴ | ۱۳۸۴ | | | |
| راهنمای نگهداری سامانه‌های زهکشی | ۳۱۵ | ۱۳۸۴ | | | |
| راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه | ۳۱۶ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی» | ۳۱۷ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| دستورالعمل کنترل کیفیت در تصفیه‌خانه‌های آب | ۳۱۸ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی تعیین فاصله و زهکش‌های زیرزمینی | ۳۱۹ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی | ۳۲۰ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده | ۳۲۱ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک | ۳۲۲ | ۱۳۸۴ | | | |
| دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله اجمالی | ۳۲۳ | ۱۳۸۴ | | | |
| ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خرجینی | ۳۲۴ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| ضوابط طراحی و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی | ۳۲۵ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه | ۳۲۷ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| واژه‌های و اصلاحات اکتشافات معدنی | ۳۲۸ | ۱۳۸۵ | | | |
| فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌ای | ۳۲۹ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| دستورالعمل آماربرداری از منابع آب | ۳۳۰ | ۱۳۸۴ | | | |
| راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب | ۳۳۱ | ۱۳۸۴ | | | |
| راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه | ۳۳۲ | ۱۳۸۴ | | | |
| شرح خدمات توجیه فنی و اقتصادی- اجتماعی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ) | ۳۳۳ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار | ۳۳۴ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| راهنمای بهره‌برداری هیدرولیکی از مخزن سدهای بزرگ | ۳۳۵ | ۱۳۸۴ | | ۳ | |
| راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای | ۳۳۶ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش سامانه‌های آبیاری | ۳۳۷ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله تفصیلی | ۳۳۸ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت | ۳۳۹ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی؛ واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج معدن | ۳۴۰ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت | ۳۴۱ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| راهکار کاهش نوفه ترافیک برای ساختمانهای حواشی بزرگراه‌های شهری | ۳۴۲ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| راهنمای طراحی آکوستیکی فضاهای آموزشی | ۳۴۳ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| آیین‌نامه سازه‌های بتنی حجیم | ۳۴۴ | ۱۳۸۵ | | | |
| راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی تقویت ساختمانهای بتنی موجود با استفاده از الیاف تقویتی FRP | ۳۴۵ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| ضوابط و مبانی طراحی، تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی خشکه‌زاری (پنج جلد) | ۳۴۶ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار | ۳۴۷ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی | ۳۴۸ | ۱۳۸۵ | | ۳ | |
| شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار | ۳۴۹ | ۱۳۸۵ | | ۱ | |
| مقررات تهویه در معادن | ۳۵۰ | | | | |
| مراحل مختلف اکتشاف ذغال سنگ | ۳۵۱ | | | | |
| معیارهای فنی طراحی پایانه‌های مسافری جاده‌ای | ۳۵۲ | | | | |
| راهنمای طراحی روسازی فرودگاه | ۳۵۳ | | | | |
| راهنمای طراحی و اجرای بتن غلتکی در روسازی راه‌های کشور | ۳۵۴ | | | | |
| دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه‌آهن | ۳۵۵ | | | | |
| ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM در استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی مطالعات ساماندهی دشت | ۳۵۶ | | | | |

| عنوان نشریه | شماره نشریه | تاریخ انتشار چاپ | | نوع دستورالعمل | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | اول | آخر | | |
| ضوابط عمومی و دستورالعمل ایجاد پایگاه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای کاربردهای مطالعاتی بخش کشاورزی و منابع طبیعی | ۳۵۷ | | | | |
| | ۳۵۸ | | | | |
| | ۳۵۹ | | | | |
| دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود | ۳۶۰ | | | | |
| تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود | ۳۶۱ | | | | |
| جزئیات اجرایی بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود | ۳۶۲ | | | | |
| راهنمای کار برای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود | ۳۶۳ | | | | |
| دستورالعمل ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمانهای موجود | ۳۶۴ | | | | |
| شرح خدمات بهسازی لرزه‌ای سامانه‌های آبرسانی | ۳۶۵ | | | | |
| شرح خدمات بهسازی لرزه‌ای تأسیسات صنعت برق | ۳۶۶ | | | | |
| شناسنامه فنی پلها | ۳۶۷ | | | | |
| | ۳۶۸ | | | | |
| ضوابط احداث و بهره‌برداری از تونل مشترک تأسیسات شهری | ۳۶۹ | | | | |