



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده فنی و مهندسی - گروه مهندسی معدن

جزوه درس

خدمات فنی در معادن

Technical Services in Mines



مؤلف: دکتر احمد اسدی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

ویرایش بیست و یکم - نیمسال اول ۱۳۸۹-۹۰

www.LearnMining.com

LearnMining@gmail.com

پیش‌گفتار:

کلیه فعالیت‌هایی که تولیدی نبوده ولی به نحوی بر تولید معدن تاثیر گذار هستند خدمات فنی در معادن گفته می‌شود. از جمله این فعالیتها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- روشنایی (Illumination)
 - هوای فشرده (Air Compressed)
 - رایانه و نرم‌افزارهای رایانه‌ای (Computer and Software)
 - ایمنی (Safety)
 - ارتباطات و کنترل (Communication and Control)
 - تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات (Maintenance)
 - آزمایشگاهها (Laboratory)
 - و مواردی چون تهویه، آبکشی، تسهیلات جانبی و ...
- برخی از سرفصل‌های ذکر شده در بالا، طی دروس جداگانه‌ای در دانشگاه تدریس می‌شوند و سایر موارد در درس خدمات فنی در معادن آمده‌اند.

درس خدمات فنی در معادن در دو واحد آموزشی نظری در یک نیمسال تحصیلی برای دانشجویان رشته مهندسی استخراج معدن در مقطع کارشناسی تدریس می‌شود.

مرجع درس خدمات فنی در معادن شامل جزوه خدمات فنی در معادن (تالیف دکتر احمد اسدی) و کتاب خدمات فنی در معادن (تالیف مهندس حسن مدنی) می‌باشد.

فهرست مطالب جزوه خدمات فنی در معادن به شرح زیر می‌باشد:

- فصل اول: مخابرات و کنترل در معدن
 - فصل دوم: برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات معدنی
 - فصل سوم: ضمائرم روشنایی در معدن، هوای فشرده در معدن و نمونه سوال امتحانی
- فهرست مطالب کتاب خدمات فنی در معادن به شرح زیر می‌باشد:
- بخش اول: روشنایی در معدن
 - بخش دوم: توزیع هوای فشرده در معدن
 - بخش سوم: توزیع برق در معدن

نسخه حاضر ویرایش بیست و یکم این جزوه است که در پاییز ۱۳۸۹ بازنگری شده است. مسلماً این جزوه خالی از اشکال نیست. لطفاً نظرات و پیشنهادهای ارزنده خود را از طریق پست الکترونیکی learnmining@gmail.com به اطلاع برسانید.

کلیه حقوق این اثر به مؤلف (احمد اسدی) تعلق دارد و هر گونه کپی برداری از آن بدون اجازه کتبی از وی نقض حقوق پدید آورنده محسوب می‌شود. این کپی توسط مؤلف فقط برای استفاده دانشجویان در درس خدمات فنی در معادن در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب در اختیار ایشان قرار گرفته است.

برخی روابط مورد نیاز درس خدمات فنی در معادن به این شرح می‌باشند:

<p>در مبحث روشنایی:</p> $E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$ $E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{A}$ $L = \frac{I_\alpha}{\delta A \cos \alpha}$ $E = \frac{L\pi}{\rho}$ $\eta_l = \frac{\phi}{W}$ $\eta_e = \frac{\phi / 680}{W} \times 100$	<p>در مبحث تحلیل ریسک:</p> $R = P \times A$ <p>در مبحث تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات:</p> $\rho(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $P(T) = \int_0^t \rho(t) dt$ $prob[a < t \leq b] = \int_a^b \rho(t) dt$
<p>$t_F = 32 + 1.8t_C$</p> <p>$t_C = 0.555t_F - 17.777$</p> <p>$T_C = t_C + 273.15$</p> <p>$T_F = t_F + 459.6$</p> <p>$P_1V_1 = P_2V_2$</p> <p>$P_1V_1^n = P_2V_2^n$</p> <p>$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$</p> <p>1 inch = 25.4 mm</p> <p>1 bar = 14.504 psi</p> <p>1 ft = 0.3048 m</p>	<p>در مبحث هوای فشرده:</p> $PV = nRT$ $(1 - c)M_1Q_1 = M_2Q_2$ $m = \frac{M}{M_s} = \frac{P_w}{P_{ws}}$ $N = 2.302P_1Q_1 \log \frac{P_2}{P_1}$ $N = \frac{n}{n-1} P_1Q_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$ $L = 43.7rd^{1.2}$ $D = 1.128 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{2n}} \sqrt{\frac{Q}{V}}$ $DP = UP - \Delta P$ $\Delta P = \frac{1.6 \times 10^8 Q_n^{1.85} L_e}{D_i^5 \times UP}$ $\Delta P = \frac{0.1025 Q_n^2 L_e}{D_i^{5.31} \left(\frac{UP}{P_0} \right)}$

پروژه اختیاری

دانشجویان می‌توانند بر روی محتوای درس یک تحقیق یا ترجمه مقاله را بعنوان پروژه درس انجام دهند.

در انجام پروژه اختیاری لازم است تا دانشجویان به نکته‌های زیر توجه نمایند:

- ۱- از آنجا که انجام پروژه اختیاری است لذا فقط گزارش‌هایی پذیرفته می‌شوند که حاصل یک تحقیق یا ترجمه ارزشمند باشند و به خوبی ارائه شده باشند.
- ۲- دانشجویان می‌بایست قبل از اجرا، موضوع پروژه خود را به تصوب استاد برسانند. آخرین مهلت تصویب پروژه یک ماه پس از شروع نیمسال تحصیلی می‌باشد و آخرین مهلت تحویل پروژه به استاد یک ماه قبل از خاتمه نیمسال تحصیلی می‌باشد.
- ۳- برای ترجمه دانشجو می‌تواند مقاله‌ای را که بیش از دو سال از تاریخ چاپ آن نگذشته باشد پیشنهاد کند.
- ۴- دانشجو می‌تواند یک موضوع از سرفصل درس مربوطه را بعنوان تحقیق پیشنهاد دهد. مطالب تحقیق می‌تواند بصورت انجام یک تحقیق عملی، جمع آوری اطلاعات، ترجمه و گرد آوری و امثال آن باشد.
- ۵- گزارش پروژه می‌بایست با یکی از نسخه‌های Microsoft Word تایپ شده باشد.
- ۶- دانشجو می‌بایست گزارش خود را برای ارائه با نرم‌افزار Microsoft Power Point نیز آماده کند.
- ۷- فایل اطلاعات اصل مقاله (با فرمت PDF یا HTML)، فایل نسخه فارسی (تایپ شده با یکی از نسخه‌های Microsoft Word) و فایل ارائه (با فرمت PPT) می‌بایست بر روی فلاپی و یا CD همراه گزارش ارائه شود.
- ۸- دانشجو می‌بایست در یک صفحه نظر خود را نسبت به آنچه انجام داده است مکتوب کند. این نظر شامل موارد قوت و ضعف احتمالی مقاله یا تحقیق، کاربرد در کشور ایران و از این نوع باشد و در صفحه آخر گزارش آمده باشد.
- ۹- رعایت ذکر منبع برای مقاله‌های ترجمه شده الزامی است. برای گزارش‌های تحقیق ذکر منبع برای تمام شکل‌ها، جدول‌ها و همچنین جملاتی که از منابع دیگر نقل قول شده است الزامی است.
- ۱۰- فهرست منابع یا به ترتیب استفاده در متن و یا به ترتیب نام پدید آورنده و با فرمت استاندارد تهیه شود. برای اطلاع بیشتر از شیوه صحیح نگارش فهرست منابع، به کتب شیوه نگارش مقاله‌های علمی مراجعه شود. برای این منظور می‌توان از مقالات چاپ شده در مجلات معتبر الگو گرفت. به این منظور راهنمایی‌هایی نیز در صفحه آموزش در وب سایت www.learnmining.com آمده است.
- ۱۱- این تحقیق حداکثر یک نمره علاوه بر نمره دانشجو در امتحان پایانی دارد. این نمره فقط به دانشجویانی که در امتحان پایانی حداقل ۵۰ درصد از نمره ورقه را کسب نموده‌اند تعلق می‌گیرد. همچنین با استفاده از امتیاز پروژه امکان تغییر نمره غیر ۲۰ به ۲۰ نیست.

فصل اول

ارتباطات و کنترل در معدن

فصل اول - ارتباطات و کنترل در معدن

۳-۱- مقدمه

در انجام عملیات معدنکاری در معادن مانند سایر صنایع وجود یک سیستم ارتباطی بین گروه‌های کاری اجتناب ناپذیر است. سه منظور کلی از بکارگیری یک سیستم ارتباطی در معدن عبارتند از:

الف) عملکرد بهتر در کار: مانند ایجاد ارتباط بین تیم‌های کاری به منظور استفاده از امکانات یکدیگر.

ب) ایمنی: مانند ارسال پیغام کمک در زمان بروز حادثه.

ج) کنترل: مانند نظارت مدیران.

بطور کلی اطلاعات از سه شیوه ممکن است انتقال یابند که عبارتند از:

الف) تلفن: در این روش اطلاعات به جریان الکتریسیته تبدیل و از طریق سیم منتقل می‌شود.

ب) بی‌سیم: در این روش اطلاعات به امواج رادیویی تبدیل شده و از طریق هوا منتقل می‌شود.

ج) سایر روشها: شامل آمپلی فایر (تقویت کننده)، آژیر و چراغ خطر.

در زیر این سه شیوه بصورت خلاصه معرفی می‌شوند.

۳-۲- تلفن

تلفن در سال ۱۸۷۶ توسط الکساندر گراهام بل اختراع شد و تا به امروز دستخوش تغییرات فراوانی گردیده است به گونه‌ای که روز به روز کاربردهای آن افزایش می‌یابد. امروزه در معادن از تلفن در ابعاد وسیعی استفاده می‌شود و ارتباط تلفنی بین برخی از بخش‌های معدن اجتناب ناپذیر است. سادگی، سهولت، قیمت تمام شده پایین، امکان ارتباط با شبکه تلفن خارج از معدن، پوشش، ایمنی و بسیاری مزایای دیگر از دلایل استفاده از این سیستم به حساب می‌آیند.

انواع مراکز تلفن:

با استفاده از مرکز تلفن امکان تماس تلفنی بین اعضای شبکه فراهم می‌شود. بطور کلی مراکز تلفن به سه گروه کلی تقسیم می‌شوند. این سه گروه عبارتند از:

الف) دستی: اگرچه این نوع مراکز تلفن از تکنولوژی پایینی برخوردارند و فن‌آوری آنها به دهه ۱۸۸۰ مربوط می‌شود ولی همچنان در برخی معادن از این نوع مراکز تلفن استفاده می‌شود. در این سیستم تمام عملیات مرکز تلفن توسط اپراتور انجام می‌شود. امروزه این نوع مراکز تلفن به ندرت استفاده می‌شوند و از امکانات کمی برخوردارند.

ب) نیمه خودکار: در مراکز تلفن نیمه خودکار بخشی از عملیات مرکز توسط دستگاه و بخشی توسط اپراتور انجام می‌شود. از جمله عملیاتی که توسط دستگاه انجام می‌شود می‌توان به ارتباط داخلی‌ها با یکدیگر و ارتباط از داخل سازمان با خارج از سازمان بطور خودکار اشاره کرد.

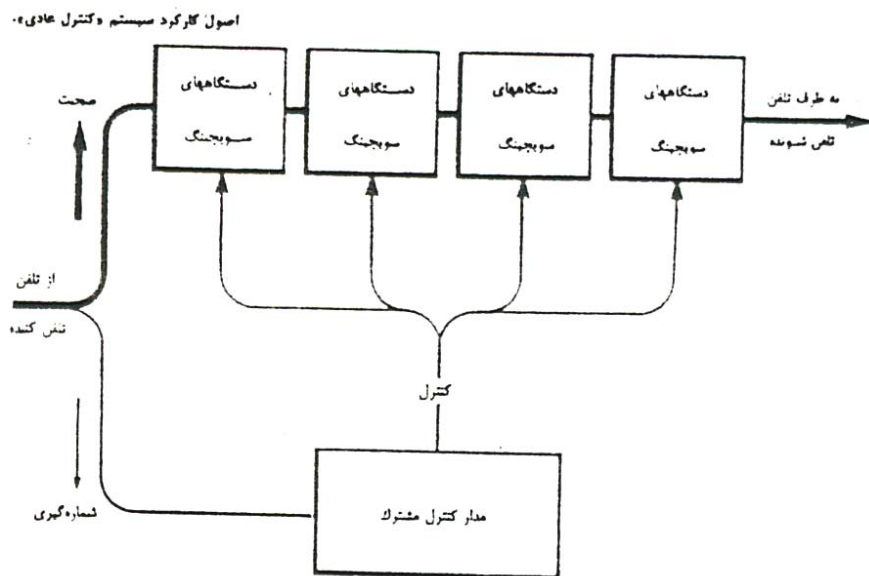
ج) خودکار: اولین سیستم مرکز تلفن خودکار توسط آلمون براون استراگر در سال ۱۸۸۹ در آمریکا به ثبت رسید. مرکز تلفن ارائه شده توسط استراگر از نوع مکانیکی بود ولی بعدها مراکز تلفن الکترونیک نیز ساخته شد. اگرچه با پیشرفت علم الکترونیک پیشرفت‌های زیادی در مراکز تلفن ایجاد شد، اما مراکز تلفن استراگر همچنان در بسیاری از مناطق جهان استفاده می‌شود.

در مراکز تلفن خودکار بخش زیادی از عملیات مرکز تلفن بطور خودکار انجام می‌شود. امروزه حضور اپراتور در این نوع مراکز برای کمک به مشترکین برای استفاده بهتر از سیستم است نه به منظور انجام امور معمول در مرکز تلفن. در این نوع مراکز تلفن امکان تماس از خارج از سازمان با یکی از داخلی‌های سازمان نیز بدون حضور اپراتور امکانپذیر شده است.

بطور کلی عمل برقراری یک مکالمه در یک مرکز تلفن خودکار را می‌توان به دو قسمت تقسیم نمود:

- کنترل
- سوئیچینگ

در قسمت کنترل اطلاعات به شکل علائم الکتریکی از شماره‌گیر تلفن طرف اول دریافت می‌شود و به سوئیچینگ ارسال می‌شود. سوئیچینگ وظیفه اتصال مدارها به منظور برقراری ارتباط بین طرف اول و دوم را به عهده دارد. در شکل زیر ارتباط این دو بخش با یکدیگر نشان داده شده است.

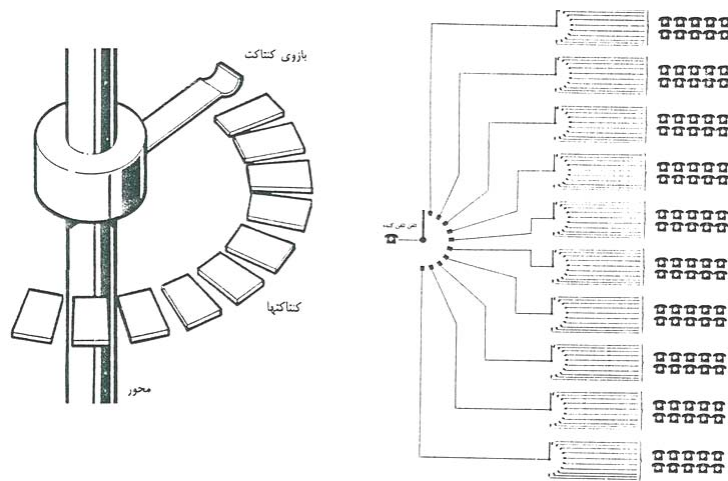


مرکز تلفن استراگر: این نوع مرکز تلفن که از جمله اولین مراکز تلفن خودکار محسوب می‌شود یک مرکز تلفن مکانیکی است و برقراری ارتباط با حرکت تعدادی محور و در نتیجه اتصال قطعات فلزی در مسیر مناسب انجام می‌شود. برخی معایب این سیستم عبارتند از:

- استهلاک زیاد

- سرعت کم
- حجم زیاد
- نویز زیاد
- امکانات ویژه کم
- صدای زیاد
- گران قیمت
- عدم انعطاف پذیری
- خرابی زیاد

در شکل زیر اصول کلی کار مراکز تلفن استراگر نشان داده شده است.



مرکز تلفن الکترونیکی: این نوع مرکز تلفن که امروزه بیشتر استفاده می‌شود بر اساس استفاده از مدارهای الکترونیکی طراحی شده است و بسیاری از معایب مراکز تلفن مکانیکی را ندارد. امکانات این مراکز تلفن از طریق برنامه‌ریزی رایانه‌ای قابل تعریف است و این قابلیت باعث شده است تا تعداد زیادی امکانات ویژه را بتوان در این مراکز تلفن تعریف کرد. برخی سرویسهای ویژه عبارتند از:

- انتظار مکالمه
- انتقال
- کنفرانس
- شماره‌گیری سریع (حافظه)
- کالر آی دی
- دیتا و فاکس
- بیدار باش
- صورتحساب
- محدودیت شماره‌گیری
- هات لاین
- پیغام‌گیر
- ارسال پیغام
- مزاحم نشوید
- محدودیت تلفن‌های وارده (لیست سیاه)
- پیغام کوتاه متنی، صوتی و تصویری
- صندوق پستی

در برخی محل‌ها نیازی به استفاده از مرکز تلفن نیست. در این محل‌ها ممکن است از یک ارتباط دو طرفه ساده به این منظور استفاده شود. به سه دلیل ممکن است این وضعیت رخ دهد که عبارتند از:

- الف) سهولت:** در برخی مکانها مثل انبار فرعی و انبار اصلی ممکن است به علت تعدد تماس دو طرف ترجیح دهند تا بجای شماره‌گیری از یک سیستم مستقل استفاده کنند.
- ب) سرعت:** مثلا بهتر است ارتباط بین پست ایمنی معدن و آتش‌نشانی معدن یک ارتباط سریع وجود داشته باشد تا در صورت بروز حادثه مشکلی بوجود نیاید.
- ج) امنیت:** گاهی به منظور اطمینان بیشتر چه در زمان بروز حادثه و چه جلوگیری از شنود لازم است تا از سیستم‌های مستقل استفاده شود.

گوشی تلفن مناسب برای معادن باید در مقابل عواملی چون:



○ ضربه

○ انفجار

○ حرارت

○ آب

مقاوم باشند. همچنین باید دارای:

○ زنگ قوی

○ گوشی و دهنی قوی

○ شماره‌گیری سریع مانند سیستم شماره‌گیری تن (Tone) در مقابل سیستم شماره‌گیری پالس

(Pulse)

باشند. بدنه این نوع تلفن‌ها از جنس مناسب مانند پلاستیک فشرده و ضد ضربه ساخته می‌شود و در

صورت لزوم باید تولید جرقه نکنند و همچنین سبک و کوچک باشند.



در شکل روبرو یک ارتباطی

برای استفاده در معادن زیرزمینی

نشان داده شده است. این سیستم

مجهز به امکانات خبرکن، آژیر و

صحبت است. از این سیستم در

معادن زغال‌سنگ پروده طبس

استفاده شده است.

۳-۳- بی سیم

در مخابرات بی سیم اطلاعات بصورت امواج رادیویی و بدون نیاز به سیم ارسال می شود. بطور کلی اجزای یک سیستم بی سیم عبارتند از: گوینده، فرستنده (Transmitter)، آنتن فرستنده، محیط منتقل کننده موج (Media)، آنتن گیرنده، گیرنده (Receiver) و شنونده.

خصوصیات ویژه بی سیم عبارتند از:

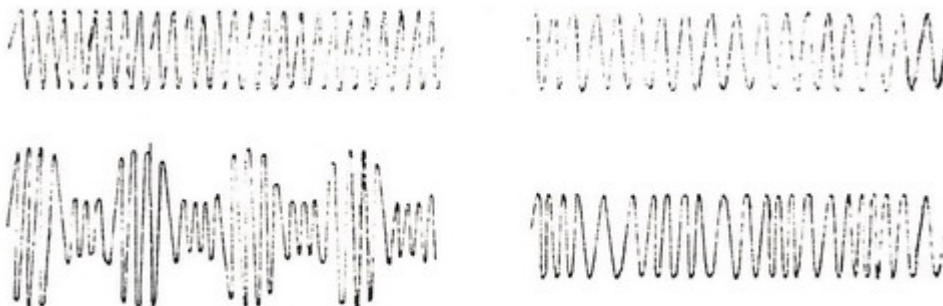
- قابل حمل است و به سیم کشی نیاز ندارد.
 - دارای برد زیاد و در محدوده وسیعی قابل استفاده است.
 - معایب اصلی بی سیم عبارتند از:
 - اعوجاج (پارازیت یا noise)
 - عدم امکان استفاده در معادن زیرزمینی (مگر با استفاده از تقویت کننده مخصوص).
- در مخابرات بی سیم اطلاعات که خود به موج تبدیل شده اند با استفاده از یک موج پر قدرت حامل (Carrier Wave) برای مخاطب ارسال می شود. موج حامل از نوع مداوم (Continous Waves) است و خود دارای هیچ نوع اطلاعاتی نیست.

مدولاسیون امواج رادیویی

آماده سازی و آمیختن اطلاعات با موج حامل را مدولاسیون گوئیم. همچنین جداسازی فرکانس صوتی از فرکانس حامل را دمدولاسیون می نامیم. بطور کلی مدولاسیون امواج رادیویی به دو صورت آنالوگ و دیجیتال انجام می شود.

۳-۳-۱- مدولاسیون آنالوگ

در مدولاسیون آنالوگ اطلاعات به امواجی تبدیل می شوند که با تغییر در فرکانس یا تغییر در دامنه بوجود می آیند. در شکل زیر مدولاسیون فرکانس (شکل سمت راست) و دامنه (شکل سمت چپ) نشان داده شده اند.



بطور کلی فرستنده - گیرنده‌های امواج رادیویی به سه گروه موج رادیویی معمول می‌باشند. این سه گروه عبارتند از:

FM: Frequency modulation,	88-108 MHz.
AM: Amplitude Modulation (MW, medium wave),	0.5-1.5 MHz.
SW: Short wave,	2.3-22 MHz.

۳-۳-۲- مدولاسیون دیجیتال

مدولاسیون دیجیتال به چهار گروه اصلی تقسیم می‌شود:

ASK : اطلاعات بر روی دامنه سوار می‌شوند. در این روش برای تفکیک صفر و یک می‌توان از دو

روش زیر استفاده کرد:

- روش اول عدد یک با $a \times \cos(\omega \cdot t)$ و عدد صفر با سکوت ساخته می‌شود.
 - روش دوم عدد یک با $a \times \cos(\omega \cdot t)$ و عدد صفر با $-a \times \cos(\omega \cdot t)$ ساخته می‌شود.
- این روش به علت پارازیت زیاد معمول نیست.

PSK : اطلاعات بر روی فاز سوار می‌شوند. این روش معمول است.

عدد یک با $a \times \cos(\omega \cdot t + \theta_0)$ و عدد صفر با $a \times \cos(\omega \cdot t - \theta_0)$ ساخته می‌شود.

FSK : اطلاعات بر روی فرکانس سوار می‌شوند.

در این روش عدد یک با $a \times \cos(\omega \cdot t + \theta_0)$ و عدد صفر با $a \times \cos(-\omega \cdot t + \theta_0)$ ساخته می‌شود.

این روش معمول‌ترین روش در بین روشهای مدولاسیون دیجیتال است.

روش ترکیبی: ممکن است از ترکیب دو یا سه روش نیز استفاده شود.

۳-۴- سایر روشهای ارتباطی

۳-۴-۱- تقویت کننده‌ها (آمپلی فایر)

در بسیاری از مواقع لازم است تا پیامی برای گروهی از افراد ارسال شود. در این حالت تلفن و یا بی‌سیم برای این منظور کافی نیست و از تجهیزاتی مانند تقویت کننده‌ها استفاده می‌شود. این پیام ممکن است یک پیام عادی و یا یک هشدار باشد.

خصوصیات ویژه:

- ارسال پیام عمومی و دسته جمعی
- تنوع پیام
- مورد استفاده در دید غیر مستقیم
- قابل استفاده در محیط‌های روشن و یا تاریک
- ارسال پیام بصورت خودکار

۳-۴-۲- آژیر

گاهی لازم است تا پیام استاندارد شده‌ای مانند صدای آژیر برای اعلام بروز حادثه برای تعداد زیادی از کارکنان پخش شود. در این حالت آژیرهای اعلام خطر مناسب‌ترین وسیله به حساب می‌آیند. همچنین از آنجا که این علائم در سطح بین‌المللی استاندارد شده‌اند، لذا زمانی که از آژیر برای اعلام خطر استفاده می‌شود نگرانی از بابت وجود افرادی که با زبان محلی آشنایی ندارند نیز وجود ندارد. زنگ اخبار در گروه این تجهیزات قرار دارد.

خصوصیات ویژه:

- ارسال پیام عمومی و دسته جمعی
- مورد استفاده در دید غیر مستقیم
- قابل استفاده در محیط‌های روشن و یا تاریک
- ارسال پیام بصورت خودکار

۳-۴-۳- چراغ خطر

در مواقعی که اعلام خطر تداوم داشته باشد و همچنین خطر در محل حاصل افراد را تهدید می‌کند استفاده از چراغ‌های هشدار دهنده بسیار مناسب است.

خصوصیات ویژه:

- قابل استفاده در محیط‌های ساکت و یا محیط‌های پر صدا.
- امکان تداوم اعلام خطر بدون مزاحمت صوتی.
- قابل استفاده در محیط‌های تاریک.
- ارسال پیغام بصورت خودکار

۳-۵- تلفن‌های ویژه

گاهی به جهت دور بودن مناطق معدنی و مناطقی که فعالیت‌های اکتشافی انجام می‌شود، سرویس‌های معمول تلفن قابل استفاده نیست و در این موارد لازم است تا از تلفن‌های ویژه استفاده شود که برخی از این نوع تلفن‌ها در این مبحث معرفی می‌شوند:

- تلفن همراه با پوشش آنتن‌های زمینی (BTS antenna): این نوع تلفن‌های همراه فقط در مناطقی سرویس می‌دهند که تحت پوشش آنتن باشد. امروزه در بسیاری از معادن آنتن‌های بی تی اس نصب شده است و در منطقه معدنی امکان مکالمه با تلفن همراه فراهم آمده است. ارتباط بین دکل بی تی اس با شبکه مخابراتی از طریق یک لینک ارتباطی با پهنای باند دو مگابیت می‌باشد.
- تلفن همراه با پوشش ماهواره‌ای: پوشش سرویس‌دهی به این تلفن‌ها به علت استفاده از ماهواره بیش از تلفن‌های با آنتن زمینی است اما هزینه مکالمه آن بیشتر است.
- تلفن سیار بین‌المللی (مانند INMAR-SAT): این نوع تلفن‌ها قابل استفاده در داخل و خارج از کشور است و بسته به قابلیت‌های آن به چند گروه تقسیم می‌شوند که از جمله می‌توان به A، B و C اشاره کرد.

➤ ایستگاه ثابت زمینی (V-SAT): استفاده کننده از این نوع تلفن‌ها بوسیله یک آنتن بشقابی که توسط شرکت مخابرات در محل استفاده نصب می‌شود قادر است تا در نقاطی که هیچ نوع ارتباط مخابراتی وجود ندارد از تلفن استفاده کند.

- RSS (Radio Subscribe System): در این سرویس ارتباط بیسیم با فرکانس ۱/۵ و یا ۲/۵ مگا هرتز بین دو نقطه برقرار می‌شود. برای استفاده از این سیستم دو دستگاه گیرنده و فرستنده در مبدا و مقصد نصب می‌شود. فاصله دو دستگاه مورد نظر در حدود ۳۰ کیلومتر است که در صورت عدم وجود دید مستقیم یا برای فاصله بیشتر از دستگاه‌های گیرنده- فرستنده در مسیر استفاده می‌شود. هر دستگاه RSS قادر است تا ۲۴ خط را پشتیبانی کند. به این صورت که مثلاً در شهرستان نزدیک معدن تا ۲۴ خط از طریق یک دستگاه به محل معدن منتقل می‌شود و خروجی این سیستم در محل معدن ۲۴ خط مستقل است. این سیستم برای انتقال دیتا نیز قابل استفاده است.

➤ WLL: این نوع تلفن یک ارتباط بی‌سیم است که خروجی آن یک گوشی تلفن بی‌سیم است. برد این سیستم حدود ۵۰ کیلومتر است. در حال حاضر هزینه هر خط تلفن از این نوع حدود ۱۰ میلیون ریال است.

➤ خط اف ایکس (FX): این نوع اشتراک یک خط تلفن اختصاصی است که از یک محل به محل دیگر برقرار می‌شود. برای مثال ممکن است یک مشترک دارای یک خط اف ایکس از مرکز یک استان به یکی از شهرستانهای استان یا به محل معدن باشد. در این صورت برای تماس با این خط از مرکز استان نیازی به شماره‌گیری کد شهرستان مربوطه نیست. و هزینه تماس از مرکز استان با تلفن مربوطه با تعرفه تلفن شهری محاسبه می‌شود. ولی تماس‌گیرنده از طرف مقابل لازم است تا علاوه بر هزینه تلفن شهری آبونمان ماهانه استفاده از این خط را بپردازد.

➤ سیستم VOIP

۳-۶- سایر تجهیزات مخابراتی

۳-۶-۱- کابل با هادی فلز

کابل‌های مخابراتی وظیفه انتقال اطلاعات را به عهده دارند. کابل‌های معمولی از فلز با روکش مخصوص تهیه می‌شوند. کابل‌ها را از نظر کاربرد به شیوه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌کنند که یکی از آنها به این شرح می‌باشد:

- سیم‌ها و کابل‌های اتصالی که به منظور اتصال اجزای مختلف مراکز تلفن بکار می‌روند.
- سیم‌ها و کابل‌های تاسیسات که برای کابل کشی در محیط‌های سرپوشیده و روباز (که ممکن است بصورت روکار و یا توکار نصب شده باشند) بکار می‌روند.
- کابل شبکه که ممکن است بصورت زمینی، کانالی و یا هوایی نصب شوند.
- کابل معدن که ممکن است در کانال، چاه و یا دستگاه‌ها استفاده شوند.

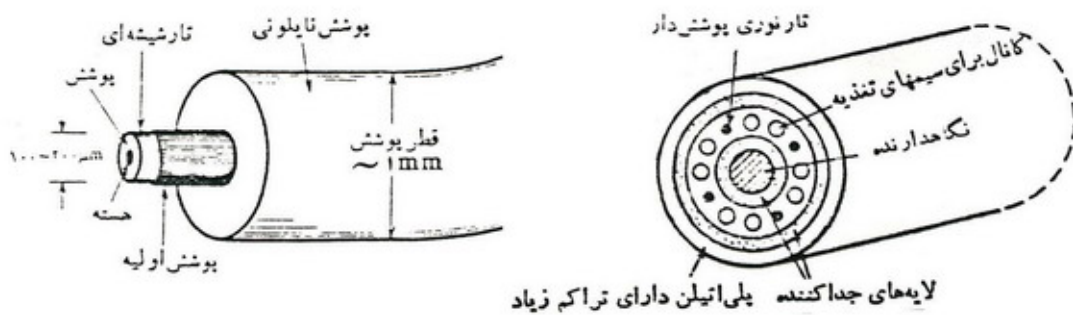
کابل‌های مخابراتی بسته به محل استفاده ممکن است به محافظ لاستیکی، محافظ پلاستیکی و یا محافظ پلی اتیلن مجهز باشند. همچنین ممکن است در برابر حرارت، خوردگی و یا کشش (کابل‌های هوایی) مقاوم باشند.

۳-۶-۲- کابل نوری

اختراع کابل نوری موجب بروز تحول در صنعت مخابرات گردید. خصوصیات ویژه این کابل موجب شد تا از آن در انتقال اطلاعات استفاده‌هایی فراوانی شود. برخی خصوصیات کابل نوری به این شرح می‌باشد:

- پهنای باند وسیع
- تلفات کم
- قابلیت انعطاف
- سطح مقطع کوچک
- وزن کم
- مصونیت صحبت
- فراوانی مواد اولیه برای تولید
- عدم دریافت آثار القایی الکترومغناطیسی.

در زیر ساختمان یک کابل نوری نشان داده شده است.



فصل دوم

برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات
ماشین آلات

فصل دوم - برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات¹

برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری با هدف افزایش قابلیت اطمینان و همچنین افزایش قابلیت استفاده

ماشین‌آلات صورت می‌گیرد. انجام این برنامه‌ریزی می‌تواند در جهات زیر نیز مفید باشد:

- کاهش هزینه‌های ناشی از خرابی دستگاه‌ها.
- جلوگیری از بیکاری نیروی انسانی به صورت مستقیم و غیر مستقیم.
- کاهش توقف تولید.
- جلوگیری از کاهش تولید در قسمت‌های مرتبط.
- کاهش تعداد دستگاه‌های غیر قابل استفاده.
- کاهش تاثیر نامطلوب بر عاملین تولید.
- افزایش طول عمر قطعات.

در این برنامه‌ریزی برای رسیدن به اهدافی که در بالا به آنها اشاره شد، در طول عمر ماشین‌آلات سرویس‌هایی بر روی آنها انجام می‌شود و البته در صورت بروز خرابی، دستگاه به تعمیرگاه اعزام می‌شود.

فعالیت‌های نت:

در بحث تعمیرات و نگهداری دو نوع فعالیت مورد نظر است:

الف) نگهداری و پیشگیری: انجام فعالیت‌هایی به منظور بهتر کار کردن ماشین، افزایش عمر آن و همچنین جلوگیری از بروز خرابی ماشین در گروه فعالیت‌های این گروه قرار دارد.

ب) تعمیرات اصلاحی: زمانی که یک دستگاه خراب می‌شود و برای تعمیر به تعمیرگاه اعزام می‌شود، کلیه عملیاتی که بر روی دستگاه انجام می‌شود تا مجدداً قابل استفاده در محل گردد در این گروه فعالیت قرار می‌گیرد.

از آنجا که در بحث تعمیرات و نگهداری، دو فعالیت نگهداری و تعمیر مطرح است به آن نت (مخفف اول کلمات نگهداری و تعمیر) می‌گوییم.

هزینه‌های نت:

هزینه‌های بخش نت بر سه نوع‌اند:

الف) هزینه‌های اجرتی: شامل هزینه‌هایی که به پرسنل تیم نت پرداخت می‌شود.

ب) هزینه‌های قطعات: شامل هزینه مواد و قطعات مصرفی در بخش نت.

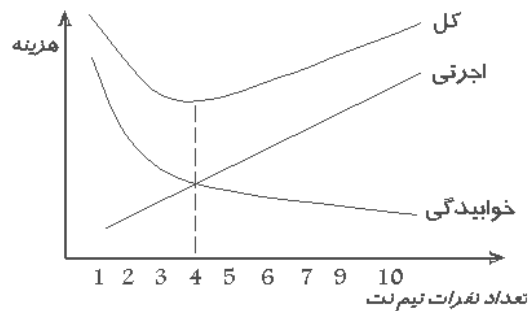
ج) هزینه‌های خوابیدگی: شامل هزینه عدم استفاده از ماشین در زمان انجام عملیات نت.

بین هزینه‌های اجرتی و خوابیدگی رابطه‌ای به شرح زیر وجود دارد:

اگر محدودیت تعداد پرسنل تیم نت منجر به ایجاد صف برای انجام عملیات نت گردد، ماشین‌آلات مربوطه می‌بایست برای انجام عملیات نت مدتی بیکار بمانند. این عمل موجب افزایش هزینه خوابیدگی ماشین‌آلات می‌شود. در این شرایط لازم است تا تعداد افراد تیم نت را افزایش داد. با افزایش تعداد نفرات تیم

¹maintenance.

نت، اگرچه هزینه خوابیدگی کاهش می‌یابد ولی هزینه اجرتی افزایش پیدا می‌کند. بطور خلاصه بین هزینه‌های اجرتی و هزینه‌های خوابیدگی رابطه‌ای مطابق شکل 1 وجود دارد:



شکل 1- رابطه تعداد افراد تیم نت و هزینه اجرتی.

همانطور که در شکل نیز نشان داده شده است انتخاب تعداد نفرات تیم نت می‌تواند بر اساس حداقل کردن مجموع هزینه‌های اجرتی و خوابیدگی انجام شود.

درجه نگهداری:

در یک معدن می‌توان سیاست‌های متفاوتی برای اعمال نگهداری طرح و اجرا کرد. برای مثال انجام روغن کاری ماشین‌آلات در هر روز یک بار می‌تواند یک سیاست برای نگهداری باشد. سیاست دیگر انجام روغن کاری و بازدید کارشناس در هر روز یکبار و سیاست‌های دیگر.

هر یک از این سیاست‌ها را یک درجه از نگهداری می‌نامیم. البته در تعریف خود انجام نظارت و کار بیشتر بر روی ماشین‌آلات را با درجات بالاتر بیان می‌کنیم. برای مثال ممکن است انجام فقط روغن کاری در هر روز یک بار را درجه ۱ از نگهداری بنامیم و انجام روغن کاری و بازدید توسط کارشناس در هر روز یک بار را درجه ۲ از نگهداری بنامیم.

برای یک معدن بی‌نهایت درجه می‌توان تعریف کرد. هر درجه هزینه و امکانات خاص خود را نیاز دارد. انجام درجات بالا از نگهداری اگرچه اطمینان و کارایی ماشین‌آلات را افزایش می‌دهد، ولی هزینه بالاتری را نیز نیاز دارد. از طرف دیگر انتخاب درجات پایین نگهداری ضمن کاهش قابلیت اطمینان و قابلیت استفاده ماشین‌آلات، موجب افزایش هزینه‌های تعمیرات نیز می‌شود.

باشند و این مسئله در انتخاب درجه نگهداری مورد نظر قرار می‌گیرد. به این ترتیب که آن درجاتی از نگهداری که تامین کننده ایمنی کافی این تجهیزات نیستند اصلاً در لیست جدول ثبت نمی‌شوند. نکته دیگر اینکه تعیین هزینه‌های تعمیرات چندان ساده نیست. به عبارت دیگر به دشواری می‌توان گفت که با انتخاب هر درجه از نگهداری دقیقاً چه میزان هزینه برای تعمیرات پرداخت خواهد شد. لذا به این منظور اولاً لازم است تا از مشورت افراد با تجربه استفاده کرد و همچنین از اطلاعات هر دوره برای تخمین هزینه‌ها در دوره بعد استفاده کرد.

تقسیم‌بندی نیروی کار در بخش نت:

اجرای یک برنامه مناسب برای توزیع نیروی کار، انجام فعالیت‌ها و موادی از این نوع می‌تواند کارایی این بخش را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. این برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای انجام شود تا از یک سو هزینه کل انجام عملیات را کاهش دهد. و از سوی دیگر باید قابلیت اطمینان و استفاده ماشین‌آلات را در سطح مطلوب قرار دهد. بطور کلی برای تقسیم نیرو و فعالیت‌ها در بخش نت از روشهای زیر استفاده می‌شود:

- الف) استفاده از فنون برنامه‌ریزی.
- ب) شبیه‌سازی.
- ج) تئوری صف.

بودجه:

بودجه بخش نت بر اساس برنامه‌ریزی کار در این بخش به سه نوع تقسیم می‌شود:
 بودجه ثابت: بودجه‌ای که برای یک دوره پیش‌بینی می‌شود و در ابتدای دوره اعتبار مورد نظر پیشنهاد و به تصویب می‌رسد.

بودجه طرح: این بودجه برای اجرای طرح‌های جدید در بخش نت پیشنهاد می‌شود و در صورت تصویب در زمان پیش‌بینی شده در اختیار طرح قرار می‌گیرد. این بودجه ممکن است برای توسعه کارگاه، احداث ساختمان جدید، توسعه و تجهیز نت و از این نوع پیشنهاد شود.

بودجه متغیر: این بودجه برای موارد غیر منتظره مانند وقوع سیل، زلزله، آتش‌سوزی، انفجار و امثال آن که بطور مستقیم بر هزینه‌های نت تاثیر دارند پیشنهاد می‌شود. در طول چندین دوره زمانی ممکن است هیچگاه این بودجه مورد نیاز نباشد ولی پیش‌بینی آن در اعتبارات شرکت انجام می‌شود.

انواع برنامه‌ریزی:

در بخش مهندسی نت همیشه حوادث مطابق پیش‌بینی کارشناسان اتفاق نمی‌افتد و به همین جهت در بخش نت دو نوع برنامه‌ریزی به شرح زیر انجام می‌شود:

الف) برنامه‌ریزی قطعی

ب) برنامه‌ریزی غیر قطعی

برنامه‌ریزی قطعی برای پدیده‌هایی که از قانونمندی خاصی تبعیت می‌کنند انجام می‌شود و برنامه‌ریزی غیر قطعی برای آن دسته از پدیده‌هایی که رفتاری غیر قابل پیش‌بینی دارند انجام می‌شود. برنامه‌ریزی‌های مربوط به عملیات نگهداری بیشتر از نوع قطعی و برنامه‌ریزی‌های مربوط به عملیات تعمیرات معمولاً از نوع غیر قطعی می‌باشند.

مدل‌های آماری خرابی دستگاه‌ها

استفاده کننده از یک ماشین مایل است تا بداند که دستگاه مورد نظر تا چه زمانی بصورت مفید و قابل استفاده در دسترس است تا در زمان مناسب نسبت به تعویض و یا تعمیر آن اقدام نماید. وجود یک مدل که بیان کننده زمان بروز خرابی دستگاه باشد برای این منظور می‌تواند بسیار مفید باشد. مدل‌های آماری خرابی دستگاه‌ها به همین منظور توسعه داده شده‌اند.

چنانچه تعداد زیادی دستگاه یا قطعه یکسان و با طول عمر مساوی را در نظر بگیریم، اگرچه بدیهی است که همه آنها زمانی از کار خواهند افتاد ولی نمی‌توان انتظار داشت که همگی در یک لحظه زمانی معین و با هم دچار خرابی و از کار افتادگی شوند. بلکه در شرایط مساوی نیز هر یک در زمان متفاوتی از کار می‌افتند. برای تخمین زمان احتمالی بروز خرابی می‌توان بصورت زیر عمل کرد:

فرض کنیم در یک معدن نوع خاصی از تسمه به تعداد زیاد استفاده می‌شود. برای تهیه مدل آماری لازم است تا عمر تعداد زیادی از این نوع تسمه ثبت شود. اگر این اقدام صورت گرفته باشد آنگاه N عدد در اختیار داریم که بیان کننده عمر این تعداد تسمه است. در مرحله بعد لازم است تا اعداد بدست آمده از کم به زیاد مرتب شوند. اگر کوچکترین عدد را t_0 و بزرگترین عدد را t_n بنامیم و فاصله زمانی بین این دو عدد را به n قسمت مساوی تقسیم کنیم آنگاه تعدادی فاصله زمانی بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\Delta t = t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = \dots = t_j - t_i = \dots = t_n - t_{n-1} = \frac{t_n - t_0}{n}$$

حال باید تعداد دستگاه‌های از کار افتاده در هر فاصله زمانی را تعیین کنیم. مثلاً N_{ij} تعداد دستگاه‌های از کار افتاده در فاصله زمانی t_i و t_j را نشان می‌دهد.

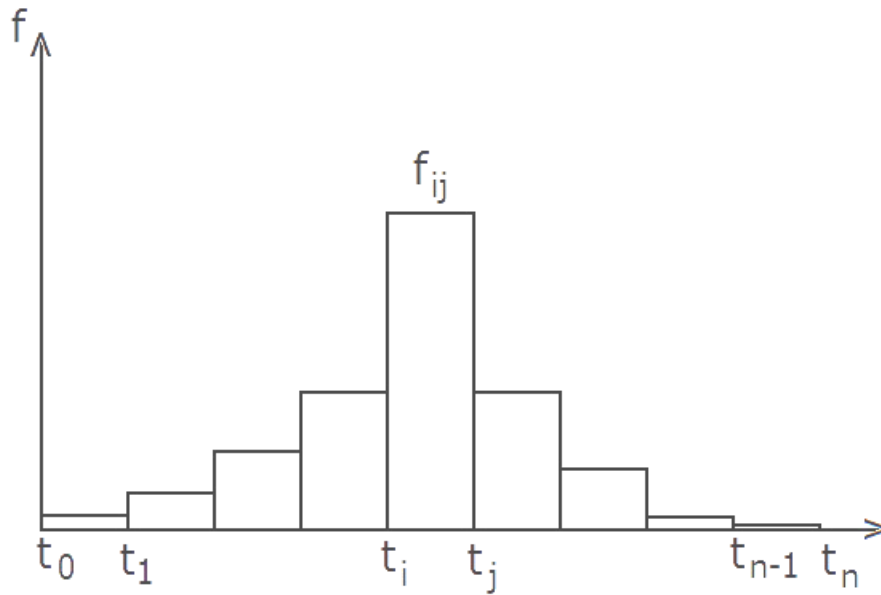
در این مرحله تواتر نسبی¹ (f_{ij}) برای هر فاصله زمانی را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم.

$$f_{ij} = \frac{N_{ij}}{\Delta t \times N}$$

پس از محاسبه تواتر نسبی برای تمامی فاصله‌ها می‌توانیم چند ضلعی تواتر نسبی² را رسم کنیم. برای این کار کافی است تا پس از رسم یک دستگاه مختصات دکارتی دو بعدی، محور افقی را به n قسمت مساوی تقسیم کرده و اعداد مربوط به فاصله زمانی را در مرز این قسمت‌ها درج کنیم و بر روی هر قسمت مستطیلی رسم کنیم که قاعده آن عرض هر قسمت و ارتفاع آن اندازه تواتر نسبی باشد. یک نمونه از این چند ضلعی در شکل بعد نشان داده شده است.

¹ Relative frequency

² Relative frequency polygon



اگر در این چند ضلعی سطح مستطیل واقع بین دو زمان t_i و t_j را با A_{ij} نشان دهیم آنگاه داریم:

$$A_{ij} = \Delta t \times f_{ij} = \Delta t \times \frac{N_{ij}}{\Delta t \times N}$$

و یا

$$A_{ij} = \frac{N_{ij}}{N}$$

از طرفی سطح کل مستطیل‌ها برابر واحد خواهد شد. یعنی:

$$A_{0n} = 1$$

با داشتن این چند ضلعی می‌توانیم احتمال بروز خرابی بین دو فاصله زمانی را بصورت زیر بدست آوریم:
احتمال بروز خرابی در فاصله زمانی t_i و t_j برابر است با مساحت مستطیل مربوطه به مساحت کل

مستطیل‌ها. یعنی داریم:

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_{0n}} = \frac{A_{ij}}{1} = A_{ij} = \frac{N_{ij}}{N}$$

حال اگر تعداد نمونه‌های آزمایش شده خیلی زیاد باشد ($N \rightarrow \infty$) و فاصله زمانی‌ها بسیار کم باشند ($\Delta t \rightarrow 0$) آنگاه چند ضلعی تواتر نسبی به نمودار تواتر نسبی تبدیل می‌شود که از دقت بالاتری برخوردار است.

از نتایج بدست آمده در این مرحله برای توسعه تابع چگالی احتمال استفاده می‌شود.

تابع چگالی احتمال

طبق تعریف تابع چگالی احتمال عبارت است از حد نسبت احتمال وقوع متغیر تصادفی t بین t_i و t_j وقتی که فاصله بین t_i و t_j به صفر میل می‌کند. یعنی:

$$\rho(t) = \lim_{t_j - t_i \rightarrow 0} \frac{\text{prob}[t_i < t < t_j]}{t_j - t_i}$$

از طرفی داریم:

$$\text{prob}[t_i < t < t_j] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_t}{N}$$

که در آن N تعداد دستگاه‌های آزمایش شده و N_t تعداد دستگاه‌هایی است که در فاصله زمانی مورد نظر (t_i و t_j) از کار افتاده‌اند.

از دو رابطه اخیر روابط زیر نتیجه می‌شود:

$$\rho(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N \rightarrow \infty}} \frac{N_t}{\Delta t \times N}$$

ولی از آنجا که استفاده از بینهایت دستگاه در یک آزمایش عملی نیست لذا با قبول خطای عملی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\rho(t) = \frac{N_t}{\Delta t \times N}$$

خواص تابع چگالی احتمال

می‌دانیم که تابع چگالی احتمال شکل پیوسته چند ضلعی تواتر نسبی می‌باشد. همچنین نمودار تواتر نسبی در حد، به سمت تابع چگالی احتمال میل می‌کند. از طرفی دیدیم که سطح کل زیر نمودار تواتر نسبی برابر واحد است. به این ترتیب سطح احاطه شده توسط منحنی تابع چگالی احتمال نیز برابر واحد است.

یعنی:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \rho(t) \cdot dt = 1 \quad (4-6)$$

از رابطه ۲-۴ مشخص است که تابع چگالی احتمال مشتق احتمال وقوع متغیر تصادفی t در فاصله زمانی t_i و $t_i + \Delta t$ است. یعنی:

$$\text{prob}[t_i < t < t_i + \Delta t] = \int_{t_i}^{t_i + \Delta t} \rho(t) \cdot dt \quad (4-7)$$

و در حالت کلی:

$$\text{prob}[t_i < t < t_j] = \int_{t_i}^{t_j} \rho(t) \cdot dt \quad (4-8)$$

به این ترتیب احتمال وقوع خرابی از زمان استفاده ($t=0$) تا زمان T عبارت خواهد بود از:

$$P(T) = \int_0^T \rho(t) \cdot dt \quad (4-9)$$

که در آن $P(T)$ تابع توزیع احتمال^۱ نامید می‌شود.

تابع احتمال نمایی:

تابع احتمال نمایی یا تابع چگالی احتمال منفی نمایی^۲ یکی از توابع مهم جهت بیان زمانهای از کار افتادگی در برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری می‌باشد. شکل این تابع بصورت زیر است:

$$\rho(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (4-10)$$

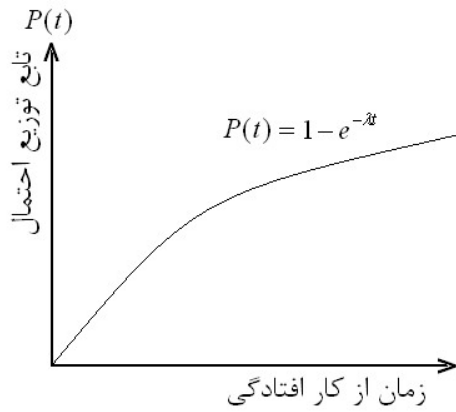
که در آن λ میانگین نرخ وقوع زمانهای از کار افتادگی است. همچنین شکل ۴-۴ منحنی نمایش این تابع را نشان می‌دهد. رابطه ۴-۱۱ و شکل ۴-۵ بترتیب تابع توزیع احتمال و منحنی تابع توزیع احتمال نمایی هستند.

$$P(T) = \int_0^T \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt = -e^{-\lambda t} \Big|_0^T = -(e^{-\lambda T} - 1) = 1 - e^{-\lambda T} \quad (4-11)$$

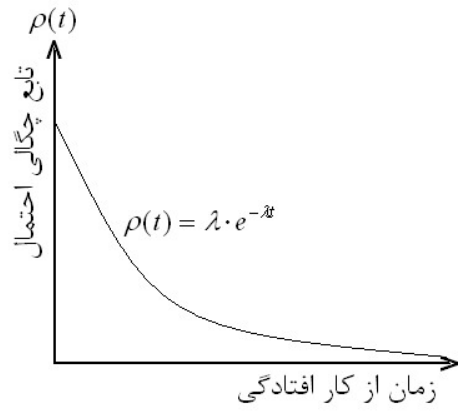
$$P(t) = \int_a^b \lambda e^{-\lambda t} dt = -e^{-\lambda t} \Big|_a^b = e^{-a\lambda} - e^{-b\lambda}$$

¹ Probability Distribution Function.

² Negative Exponential Probability Density Function.



شکل ۴-۵- نمودار تابع چگالی توزیع احتمال



شکل ۴-۴- نمودار تابع چگالی احتمال

چند تابع دیگر

چند تابع دیگر که در تخمین از کار افتادگی قطعات و دستگاه‌ها می‌تواند استفاده شود در این قسمت آمده‌اند:

تابع چگالی نرمال^۱

$$\rho(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

تابع احتمال فوق نمایی^۲

$$\rho(t) = 2k^2 \lambda e^{-2k\lambda t} + 2\lambda(1-k^2) \exp[-2(1-k)\lambda t]$$

تابع احتمال ویبال^۳

$$\rho(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

تابع احتمال گاما^۴

$$\rho(t) = \frac{\alpha(\alpha)^{n-1} e^{-\alpha t}}{(n-1)!}, t \geq 0$$

تابع لگاریتمی^۵

$$\rho(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-1}{2\sigma^2(Lnt - \mu)^2}\right]$$

تابع احتمال مثلثی^۶

$$\rho(t) = \frac{\alpha}{n} \left(1 - \frac{t}{n}\right)$$

¹ Normal.
² Hyper Exponential.
³ Weibull.
⁴ Gamma.
⁵ Log-Normal.
⁶ Triangular.

مسئله ۱:

- عمر یک مته از دستگاه حفاری از قانون توزیع نمایی با میانگین خرابی شش بار در سال تبعیت می کند. احتمال های زیر را برای این مته حساب کنید.
۱. زمان از کار افتادگی در ماه اول باشد
 ۲. زمان از کار افتادگی در ماه سوم باشد
 ۳. زمان از کار افتادگی در ماه سوم یا ماه پنجم باشد
 ۴. زمان از کار افتادگی قبل از دو ماه کار باشد
 ۵. زمان از کار افتادگی بعد از دو ماه کار باشد
 ۶. حداقل سه ماه کار کند
 ۷. زمان از کار افتادگی بین نیم و یک و نیم ماه باشد
 ۸. زمان از کار افتادگی راس دو ماه کار باشد
 ۹. حتماً خراب شود
 ۱۰. هیچگاه خراب نشود

حل: خرابی شش بار در سال به معنی میانگین خرابی ۲ ماه است. لذا عمر متوسط قطعه ۲ ماه است و

$$\lambda \text{ برابر } \frac{1}{2} \text{ است.}$$

در حالت کلی داریم:

$$P(t) = \int_a^b \lambda e^{-\lambda t} dt = -e^{-\lambda t} \Big|_a^b = e^{-a\lambda} - e^{-b\lambda}$$

$$P(t) = e^{-a\lambda} - e^{-b\lambda}$$

$$P = e^{-\frac{0}{2}} - e^{-\frac{1}{2}} = 1 - e^{-\frac{1}{2}} = 0.393 \quad (39.3\%)$$

قسمت ۱: (زمان از کار افتادگی در ماه اول باشد)

$$P = \left(e^{-\frac{2}{2}} - e^{-\frac{3}{2}} \right) = 0.145 \quad (14.5\%)$$

قسمت ۲: (زمان از کار افتادگی در ماه سوم باشد)

$$P = \left(e^{-\frac{2}{2}} - e^{-\frac{3}{2}} \right) + \left(e^{-\frac{4}{2}} - e^{-\frac{5}{2}} \right) = 0.197 \quad (19.7\%)$$

قسمت ۳: (زمان از کار افتادگی در ماه سوم یا ماه پنجم باشد)

$$P = e^{-\frac{0}{2}} - e^{-\frac{2}{2}} = 1 - e^{-1} = 0.632 \quad (63.2\%)$$

قسمت ۴: (زمان از کار افتادگی قبل از دو ماه کار باشد)

$$P = 1 - 0.632 = 0.368 \quad (36.8\%)$$

قسمت ۵: (زمان از کار افتادگی بعد از دو ماه کار باشد)

$$P = e^{-\frac{2}{2}} - e^{-\infty} = e^{-\frac{2}{2}} + 0 = e^{-\frac{2}{2}} = 0.368 \quad (36.8\%)$$

راه دیگر به شرح روبرو است.

$$P = e^{-\frac{3}{2}} - e^{-\infty} = e^{-\frac{3}{2}} + 0 = e^{-\frac{3}{2}} = 0.223 \quad (22.3\%)$$

قسمت ۶: (حداقل سه ماه کار کند). این جمله معادل آن است که بگوئیم زمان از کار افتادگی

بعد از سه ماه کار باشد

قسمت ۷: (زمان از کار افتادگی بین نیم و یک و $P = e^{-\frac{0.5}{2}} - e^{-\frac{1.5}{2}} = 0.779 - 0.472 = 0.306$ (30.6%)
نیم ماه باشد)

قسمت ۸: (زمان از کار افتادگی راس دو ماه کار $P = e^{-\frac{2}{2}} - e^{-\frac{2}{2}} = 0$
باشد)

قسمت ۹: (حتماً خراب شود) $P = e^{-\frac{0}{2}} - e^{-\frac{\infty}{2}} = 1 - 0 = 1$

قسمت ۱۰: (هیچگاه خراب نشود) $P = 1 - 1 = 0$

مسئله ۲:

خرابی یک تسمه دستگاه تهویه از قانون توزیع نمایی تبعیت می کند و بطور متوسط هر پنج ماه یکبار اتفاق می افتد. محاسبه کنید در هر ماه حداقل چه تعداد تسمه می بایست در انبار موجود باشد تا اطمینان حاصل شود که در صورت خرابی تسمه، عدم وجود تسمه برای تعویض در انبار کمتر از یک درصد باشد.

حل:

با توجه به عمر متوسط داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = 5 \rightarrow \lambda = \frac{1}{5} \text{ (بر ماه)}$$

$$\rho(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} = \frac{1}{5} e^{-t/5}$$

حال احتمال وقوع خرابی در یک ماه را حساب می کنیم:

$$\text{prob}(0 < t \leq 1) = \int_0^1 \frac{1}{5} e^{-t/5} = -[e^{-t/5}]_0^1$$

$$\text{prob}(0 < t \leq 1) = -(e^{-1/5} - 1) = 1 - e^{-1/5} = 1 - 0.819 = 0.181$$

اگر احتمال خرابی تسمه در هر ماه برابر ۰/۱۸۱ باشد، آنگاه احتمال n بار خرابی تسمه در هر ماه برابر است با:

$$P = \overbrace{0.181 \times 0.181 \times 0.181 \times \dots \times 0.181}^{(n)\text{time}} = 0.181^n$$

چون قرار است این احتمال از یک درصد کمتر باشد، لذا داریم:

$$0.181^n < 0.01 \rightarrow n \times \text{Ln}(0.181) < \text{Ln}(0.01) \rightarrow -1.7 \times n < -4.6$$

$$n > \frac{-4.6}{-1.7} \rightarrow n > 2.7 \Rightarrow n = 3$$

فصل سوم

ضمائم

روشنایی در معدن،

هوای فشرده در معدن

و

نمونه سوال امتحانی

ضمائم روشنایی در معدن

۱- زاویه فضایی

همانطور که در صفحه ۱۰ کتاب آمده است برای تبدیل زاویه مسطحه به زاویه فضایی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

$$\omega = 4\pi \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

در استفاده از این رابطه باید توجه شود که زاویه α نصف زاویه راس مخروطی است که نور در آن مخروط تابیده می‌شود. مثلاً اگر زاویه راس مخروط ۶۰ درجه باشد آنگاه زاویه α برابر ۳۰ درجه است و لازم است تا سینوس زاویه ۱۵ درجه حساب شده و به توان ۲ برسد.

اگر در این رابطه بجای $\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ از بسط کسینوس 2α استفاده شود رابطه زیر بدست می‌آید که ممکن است از رابطه اول ساده‌تر باشد.

$$\omega = 2\pi(1 - \cos\alpha)$$

در این رابطه نیز زاویه α نصف زاویه راس مخروط است. مثلاً اگر زاویه راس مخروط ۶۰ درجه باشد آنگاه α برابر ۳۰ درجه است و لازم است تا کسینوس ۳۰ درجه حساب شده و از عدد یک کسر گردد. در استفاده از این روابط توجه داشته باشید که اگر زاویه α را بر حسب درجه در اختیار دارید مود ماشین حساب خود را نیز بر روی Degree قرار دهید.

مثال:

یک منبع نور در معدن، نور خود خود را در فضایی مخروطی شکل با زاویه راس ۸۰ درجه منتشر می‌کند. زاویه فضایی مربوطه را بر حسب استرادیان تعیین کنید.

حل:

ابتدا زاویه α را بدست می‌آوریم. چون زاویه راس مخروط ۸۰ درجه است، لذا زاویه α برابر ۴۰ درجه است. حال با استفاده از رابطه $\omega = 2\pi(1 - \cos\alpha)$ مقدار زاویه فضایی بصورت زیر بدست می‌آید.

$$\omega = 2\pi(1 - \cos 40) = 1.46999 \text{ St}$$

۲- مراحل حل مسائل سه بعدی

تعاریف مقدماتی:

نقطه: در مسائل روشنایی در معادن زیرزمینی ممکن است هدف تعیین روشنایی در یک نقطه باشد که بر روی کف، دیوارها و یا سقف تونل قرار دارد. در این مسائل آن محل را نقطه می‌نامیم.

صفحه: صفحه‌ای که نقطه بر روی آن قرار دارد. ممکن است این صفحه، صفحه‌ی کف، سقف یا یکی از دیوارها باشد.

خط عمود: خط عمود خطی است که از چراغ بر صفحه یا امتداد آن عمود می‌شود.

پای چراغ: تصویر چراغ بر صفحه یک نقطه است که به آن پای چراغ می‌گوییم و معمولاً با پریم نام چراغ نشان می‌دهیم. مثلاً پای چراغ A با A' نشان داده می‌شود.

خط چراغ - نقطه: خط مستقیمی که چراغ را به نقطه وصل می‌کند.

خط پای چراغ - نقطه: خط مستقیمی که پای چراغ را به نقطه وصل می‌کند.

زاویه تابش (α): زاویه تابش زاویه بین خط چراغ- نقطه و خط عمود است. این زاویه با علامت α نشان داده می‌شود. این زاویه آرگومان کسینوس در فرمول روشنایی است.

زاویه انحراف (β): زاویه بین خط پای چراغ- نقطه و محور تونل است. این زاویه با علامت β نشان داده می‌شود. در مسائل دو بعدی زاویه انحراف صفر است.

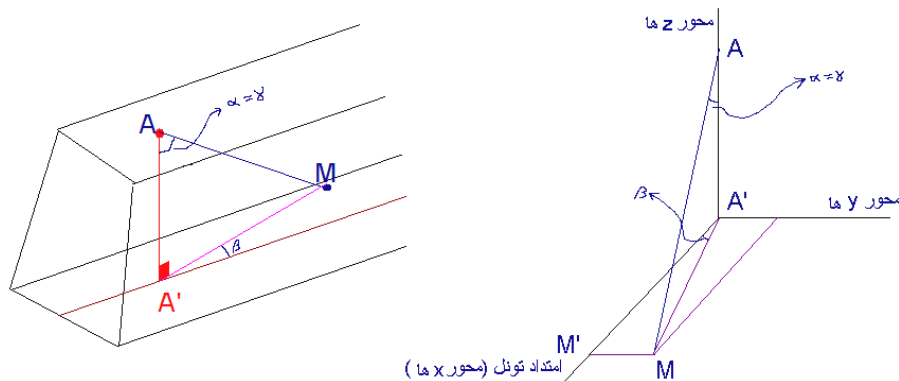
زاویه شعاع نور (γ): زاویه‌ای که بین خط چراغ- نقطه و خطی که بر کف تونل (یا زمین) عمود شده است وجود دارد. این زاویه که آنرا با γ نشان می‌دهیم برای تعیین شدت نور چراغ در یک جهت بخصوص استفاده می‌شود. برای مثال در منحنی صفحه ۵۰ کتاب اعداد نشان داده شده در پایین، سمت راست و بالای منحنی زاویه شعاع نور می‌باشند. این زاویه گاهی با زاویه تابش (α) مساوی می‌باشد. برای مثال اگر نقطه مورد بررسی بر روی کف تونل قرار داشته باشد آنگاه این دو زاویه با یکدیگر برابرند.

در مسائل دو بعدی روشنایی در معادن زیرزمینی سه نقطه‌ی چراغ، پای چراغ و نقطه بر روی یک صفحه قرار دارند و این صفحه با محور تونل موازی است. در این مسائل تصویر زاویه تابش بر روی یکی از دیوارهای تونل با زاویه تابش برابر است. همچنین در این مسائل زاویه انحراف (β) صفر است.

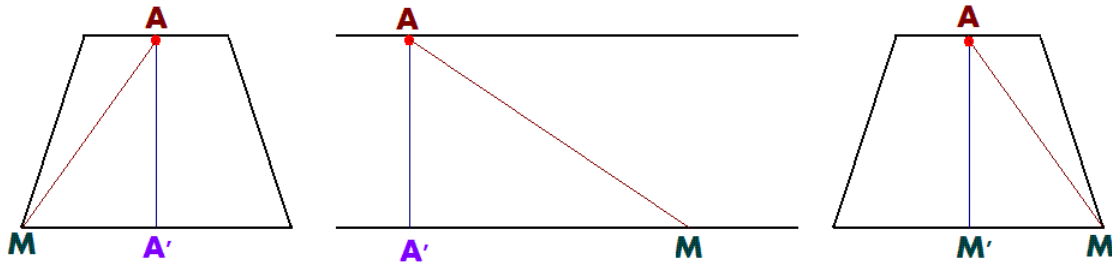
در مسائل سه بعدی روشنایی در معادن زیرزمینی سه نقطه‌ی چراغ، پای چراغ و نقطه بر روی صفحه‌ای که موازی محور تونل است قرار ندارند و لذا زاویه انحراف عددی بجز صفر است. در این مسائل برای تعیین شدت نور از منحنی‌های سه بعدی استفاده می‌شود که چند نمونه از آنها در صفحه ۴۵ تا ۴۹ کتاب آمده است. در این منحنی‌ها زاویه شعاع نور (γ) بر روی خط قائم درج شده است و پایین‌ترین عدد معرف $\gamma = 0$ است و زاویه انحراف (β) بر روی خط افقی درج شده است و عدد وسط منحنی معرف $\beta = 0$ است.

برای حل مسائل سه بعدی نیاز به رسم یک دستگاه مختصات دکارتی مثبت است. برای رسم این دستگاه مختصات برای حالتی که نقطه مورد بررسی بر روی کف تونل قرار داشته باشد به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

- ۱- محور Z ها از چراغ عبور کند.
 - ۲- محور X ها با امتداد تونل موازی باشد.
 - ۳- صفحه XOY بر کف تونل منطبق شود (در این وضعیت مرکز مختصات بر روی تصویر چراغ قرار گرفته است).
 - ۴- جهت محور X ها طور انتخاب شود تا نقطه در قسمت مثبت محور X ها قرار گیرد (ممکن است نقطه در قسمت مثبت یا منفی محور Y ها قرار داشته باشد).
- شکل زیر یکی از حالت‌های ممکن را نشان می‌دهد.

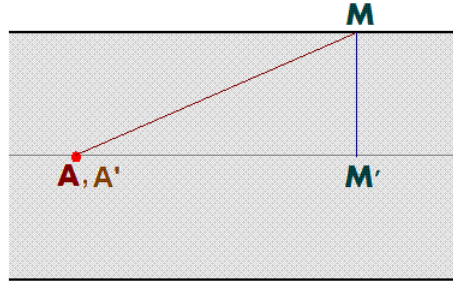


چهار نمای این موقعیت در شکل زیر نشان داده شده است.



راهنما:

- A: چراغ در سقف تونل
- A': تصویر چراغ در کف تونل
- M: نقطه در کف تونل
- M': تصویر نقطه بر محور مرکزی تونل



$$AA' = 2.2 \text{ m}$$

$$A'M' = 3.1 \text{ m}$$

$$MM' = 1.2 \text{ m}$$

از روابط زیر زوایای تابش و انحراف را با توجه به شکل سه بعدی (و نه تصاویر بالا) محاسبه می‌کنیم.

$$A'M = \sqrt{A'M'^2 + MM'^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{A'M}{AA'} \right)$$

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{MM'}{A'M'} \right)$$

در حالتی که نقطه بر روی کف تونل قرار دارد زاویه تابش (α) با زاویه شعاع نور (γ) برابر است لذا با داشتن زاویه شعاع نور و زاویه انحراف (β) مقدار شدت نور (I) از منحنی سه بعدی تعیین می‌شود. در مرحله بعدی با استفاده از رابطه زیر مقدار شدت روشنایی (E) در نقطه M تعیین می‌شود.

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$$

این عملیات را برای تمامی چراغ‌ها و نقاط جداگانه انجام می‌دهیم.

روش لومن برای طراحی روشنایی:

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times l}$$

$$l = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times E}$$

$$\phi = \frac{E \cdot b \cdot l}{F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}$$

۳- روشنایی در معادن سطحی

خاصیت ویژه روشنایی در معادن سطحی این است که ممکن است بجز روشنایی بر روی زمین روشنایی بر روی دیواره معدن نیز مورد نظر باشد. همچنین در بسیاری از موارد در معادن سطحی دیواره‌های معدن دارای زاویه‌ای بجز ۹۰ درجه با سطح زمین می‌سازند و این مسئله طراحی روشنایی بر روی دیواره‌های معدن را دشوارتر می‌سازد. در این بخش چند مثال از معادن سطحی ارائه می‌شود.

مثال ۱:

مطابق شکل زیر برای روشن کردن دیواره و کف یک جبهه کار معدن سنگ ساختمانی از یک منبع نور که بر روی دکل نصب شده است استفاده می‌شود.

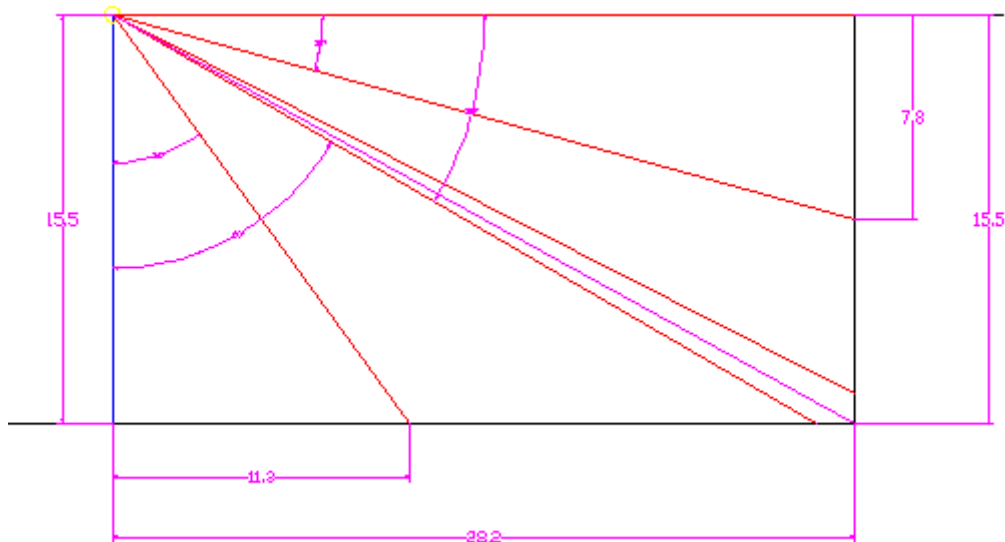
ارتفاع دکل و پله ۱۵/۵ متر و فاصله دکل از دیواره ۲۸/۲ متر است.

الف- روشنایی در فاصله ۱۱/۳ متری از پای دکل بر روی زمین را حساب کنید.

ب- روشنایی بر روی دیواره در نقطه‌ای که از بالای پله ۷/۸ متر فاصله دارد را حساب کنید.

ج- روشنایی در پای پله بر روی کف و بر روی دیواره را حساب کنید.

منحنی توزیع نور منبع مطابق شکل صفحه ۵۰ کتاب است.



محاسبه روشنایی در فاصله ۱۱/۳ متری از دکل بر روی کف زمین:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{11.3}{15.5}\right) = 36.0932^\circ$$

$$\gamma = \alpha \Rightarrow I = 800 \quad cd$$

$$E = \frac{800}{15.5^2} \cos^3(36.0932^\circ) = 1.76 \quad lx$$

محاسبه روشنایی در فاصله ۷/۸ متری از لبه پله بر روی دیواره:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{7.8}{28.2}\right) = 15.4612^\circ$$

$$\gamma = 90 - \alpha \Rightarrow \gamma = 74.5388 \Rightarrow I = 1300 \quad cd$$

$$E = \frac{1300}{28.2^2} \cos^3(15.4612^\circ) = 1.46 \quad lx$$

محاسبه روشنایی در نقطه‌ای واقع بر کف زمین نزدیک به پای پله:

$$\alpha = \gamma = \tan^{-1}\left(\frac{28.2}{15.5}\right) = 61.2048^\circ \Rightarrow I = 1100 \quad cd$$

$$h = 15.5 \quad m$$

$$E = \frac{1100}{15.5^2} \times \cos^3(61.2048^\circ) = 0.512 \quad lx$$

محاسبه روشنایی در نقطه‌ای واقع بر دیواره نزدیک به پای پله:

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{28.2}{15.5}\right) = 61.2048^\circ \Rightarrow I = 1100 \quad cd$$

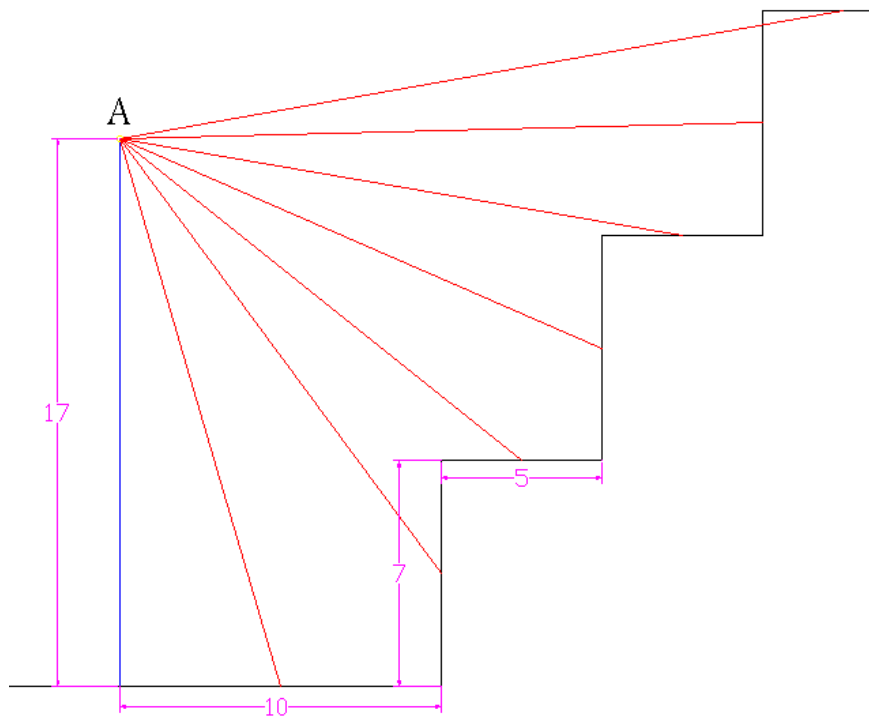
$$\alpha = 90 - \gamma = 28.531^\circ$$

$$h = 28.2 \quad m$$

$$E = \frac{1100}{28.2^2} \times \cos^3(28.539985^\circ) = 0.938 \quad lx$$

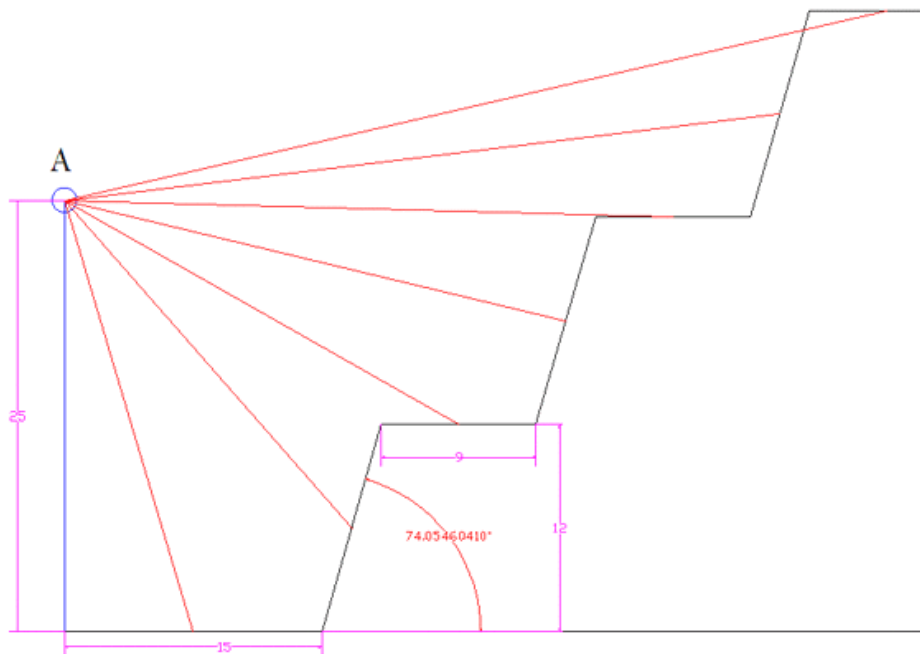
مثال ۲:

مطابق شکل روبرو برای روشن کردن دیواره و کف پله های یک معدن سنگ ساختمانی از یک منبع نور که بر روی یک دکل ۱۷ متری قرار گرفته است استفاده می شود. فاصله دکل از اولین پله ۱۰ متر، ارتفاع هر پله ۷ متر و عرض هر پله ۵ متر می باشد. مطابق شکل زیر روشنایی در وسط هر دیواره، وسط هر کف پله و همچنین در فاصله ۵ متری از پای دکل بر روی کف معدن را حساب کنید. منحنی توزیع نور منبع مطابق شکل صفحه ۵۰ کتاب است.



مثال ۳:

مطابق شکل روبرو برای تامین روشنایی در یک معدن فلزی روباز از یک منبع نور که بر روی دکلی به ارتفاع ۲۵ متر نصب شده است استفاده می شود. فاصله دکل از پای اولین پله ۱۵ متر است. ارتفاع هر پله ۱۲ متر، عرض هر یک از آنها ۹ متر و شیب پله ها 74.05460410° درجه است. مطابق شکل زیر میزان روشنایی در وسط هر دیواره، وسط هر کف پله و همچنین در فاصله $7/5$ متری از پای دکل بر روی کف زمین را حساب کنید. منحنی توزیع نور منبع مطابق شکل صفحه ۵۰ کتاب است.



غلط نامه کتاب خدمات فنی در معادن - بخش روشنایی			
صفحه	محل	غلط	صحیح
۱۱	سطر ۹	۳۲۰۰	۲۳۰۰
۲۲	سطر اول مسئله ۳-۱	سقف اطاقی	گوشه‌ی سقف اطاقی
۲۲	سطر اول حل مسئله ۳-۱	در مرکز اطاق در زیر لامپ	در زیر لامپ
۲۳	سطر آخر	۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه	۵۳/۱۳ درجه
۲۴	سطر اول بعد از شکل	۷۴ درجه و ۷۴ دقیقه	۷۴/۷۴ درجه
۲۵	سطر مربوط به ثانیاً	و شعاع یک متر	و قطر یک متر
۲۵	انتهای سطر ششم	lx	lm
۲۶	سطر دهم	$\frac{10}{6}$	$\tan^{-1}(\frac{10}{6})$
۳۰	انتهای سطر اول	روشنایی	درخشندگی
۳۳	زیرنویس دو شکل پایین از چهار شکل		د ج
۵۲	از پایین سطر سوم	۲۴۰	۳۰۰
۵۳	شکل ۳۸-۱	سه حرف A B C در کنار یکدیگر آورده شوند.	
۵۳	شکل ۳۸-۱	E در پایین شکل سمت راست حذف شود.	
۵۳	فرمول اول، صورت کسر	۲۴۰	۳۰۰
۵۳	فرمول اول، حاصل محاسبه	۴۹/۵۸	۶۱/۹۸
۵۳	عدد اول در محاسبات سطر چهارم	۴۹/۵۸	۶۱/۹۸
۵۳	نتیجه محاسبات سطر چهارم	۵۲/۵۹۴	۶۴/۹۹۴
۵۴	سطر یکی مانده به آخر محاسبات	۱۲۶ cd	۱۲۶ lx
۵۷	ردیف دوم صورت مسئله	(شکل ۱-۴۴)	(شکل ۱-۴۶)
۵۸	شکل پایین سمت راست	A C B B	A C B
۵۸	زیرنویس شکل پایین صفحه	مربوط به مثال ۱۴-۱	مربوط به مثال ۱۵-۱
۵۹	سطر اول مسئله	در شکل ۱-۴۶	در شکل ۱-۴۴
۵۹	شکل ۱-۴۶	آلفا و بتا	[حذف شوند]
۵۹	زیرنویس شکل ۱-۴۶	مربوط به مثال ۱۵-۱	مربوط به مثال ۱۴-۱
۶۰	ردیف پنجم	$I_c = 500$	$I_c = 1250$ شمع
۶۰	شکل سمت چپ	۴ m	۲۱/۰۰۶ m
۱۲۱	سطر آخر مثال ۳-۴	M	N
۱۲۲	عنوان شکل ۳-۸	مربوط به مثال ۳-۸	مربوط به مثال ۳-۵

شکل ۳-۹	شکل ۳-۷	سطر نهم	۱۲۵
آنها	آنهاغ	سطر ۱۲	۱۳۳
۴۸۵۰	۱۸۵۰	ردیف ۶ جدول ۴-۱ ستون ۳۰۰ وات	۱۳۴
۴۳۰۰	۱۳۰۰	جدول ۴-۳ ردیف ۶ ستون ۴	۱۴۷

ضمائم هوای فشرده در معدن

رابطه کلی فشار نسبی و مطلق به شرح زیر است:

$$m = \frac{M}{M_s} = \frac{P_w}{P_{ws}}$$

m رطوبت نسبی، M رطوبت مطلق، M_s رطوبت مطلق اشباع، P_w فشار جزئی بخار آب و P_{ws} فشار جزئی بخار آب در حالت اشباع است.

برای محاسبه رطوبت هوای خروجی از کمپرسور از رابطه زیر استفاده شود:

$$(1-c)M_1Q_1 = M_2Q_2$$

که در آن c مقدار درصدی از رطوبت است که در جریان تراکم از سیستم خارج می‌شود (c عددی بین صفر و یک است)، M رطوبت مطلق، Q شدت جریان هوا می‌باشند. اندیس‌های ۱ و ۲ بترتیب برای هوای ورودی و خروجی استفاده می‌شوند.

گاهی لازم است تا قبل از استفاده از رابطه بالا مقدار Q_2 با استفاده از روابط تراکم گازها محاسبه شود.

برای طراحی یک شبکه هوای فشرده مطابق زیر عمل نمایید:

- ۱- شبکه هوای فشرده را با ذکر جزئیات در تصویر پلان رسم کنید. در این نقشه لازم است تا جهت تونل‌های فرعی نیز درست رسم شوند.
- ۲- بخشی از شبکه که در طراحی این مرحله قرار دارد را از پلان جدا کرده و در نقشه مجزا رسم کنید (با توجه به طرح توسعه، عمر قطعات تشکیل دهنده شبکه و غیره).
- ۳- موقعیت مصرف کننده‌ها، کمپرسور و عوامل تولید کننده افت موضعی را در نقشه مشخص کنید و کلیه نقاط را نامگذاری کنید.
- ۴- حداکثر میزان هوای مورد نیاز در هر یک از نقاط مصرف را محاسبه کنید (با توجه به مصرف هر دستگاه، تعداد دستگاه، ضریب همزمانی، ضریب تصحیح ارتفاع، ضریب نشت، توسعه و غیره).
- ۵- میزان هوایی که از هر شاخه عبور می‌کند را محاسبه و در کنار شاخه یادداشت کنید (برای این کار از نقاط مصرف شروع کنید).
- ۶- لوله‌های اصلی و فرعی را مشخص کنید.
- ۷- قطر لوله‌های شبکه را تخمین بزنید (با استفاده از توصیه‌ای که در صفحه ۲۶۶ کتاب آمده است (که بر اساس آن فرمولی در جزوه آورده شده است) و یا جدول صفحه ۲۶۷ کتاب). توجه داشته باشید که لوله فقط قطرهای استاندارد در بازار موجود می‌باشد که بر حسب اینج عبارت است از:
 $0/5, 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5, 6/5, 8, 10, 12$.
- ۸- با توجه به افت موضعی، طول معادل لوله‌های انتقال هوا را محاسبه کنید (صفحات ۳۰۰، ۳۰۱ و ۳۰۲ کتاب).
- ۹- میزان فشار در انتهای هر قطعه لوله را محاسبه کنید (با استفاده از فرمول، جدول و یا نمودار).
- ۱۰- بررسی کنید آیا مقدار فشار در مصرف کننده‌ها مناسب است یا خیر. اگر مناسب نیست اصلاحات مورد نیاز انجام شود.

برای تخمین قطر لوله علاوه بر جدول صفحه ۲۶۷ از رابطه زیر نیز می توان استفاده کرد:

$$D_{\min} = 1.128 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{2n}} \sqrt{\frac{Q}{V_{\max}}}$$

که در آن:

D_{\min} حداقل قطر لوله، P_0 فشار جو بر حسب بار، P_1 فشار هوا در ابتدای شبکه بر حسب بار (مطلق)، n ضریب اتمیسیته گاز (برای هوا و سایر گازهای دو اتمی ۱/۴ است)، Q بر حسب متر مکعب بر ثانیه و V_{\max} بر حسب متر بر ثانیه است.

مثال: قطر لوله انتقال هوای فشرده برای یک قطعه لوله به طول ۵۰ متر در شرایط زیر را حساب کنید:
مصرف هوا در انتهای لوله ۶۰ لیتر بر ثانیه، فشار هوای محل ۱ بار، فشار هوای فشرده ۵ بار نسبی،
ارتفاع محل برابر سطح دریای آزاد، تراکم هوا آدیاباتیک ($n = 1/4$) و لوله فرعی فرض شود.
حل: از آنجا که لوله فرعی است لذا حداکثر سرعت حرکت هوا در لوله ۱۵/۲ متر بر ثانیه فرض می شود.
ابتدا شدت جریان هوای داخل لوله را حساب می کنیم.

$$P_1 \times Q_1^n = P_2 \times Q_2^n$$

$$Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{n}} Q_1$$

$$Q_2 = \left(\frac{1}{6} \right)^{\frac{1}{1.4}} \times 60$$

$$Q_2 = 16.69 \text{ lit / s}$$

$$Q_2 = 0.01669 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_2 = v.A$$

$$Q_2 = v \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right)$$

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{Q_2}{v \times \pi}}$$

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{0.01669}{15.2 \times 3.141592}}$$

$$D = 0.037372 \text{ m}$$

$$D = 37.372 \text{ mm}$$

$$D = 1.471357 \text{ Inch}$$

$$D = 1 \frac{1}{2} \text{ Inch}$$

برای محاسبه افت فشار از روابط زیر استفاده کنید:

الف) فرمول اطلس کوپکو (متریک)

$$\Delta P = \frac{1.6 \times 10^8 Q_n^{1.85} L_e}{D_i^5 \times UP}$$

که در آن:

ΔP افت فشار لوله و UP فشار در ابتدای لوله است و فشار بر حسب بار (مطلق)، شدت جریان هوا بر حسب متر مکعب بر ثانیه، طول بر حسب متر، قطر بر حسب میلیمتر می‌باشد.

ب) فرمول هاریس

$$\Delta P = \frac{0.1025 Q_n^2 L_e}{D_i^{5.31} \left(\frac{UP}{P_0} \right)}$$

که در آن:

فشار بر حسب پی اس آی (مطلق)، شدت جریان هوا بر حسب فوت مکعب بر ثانیه، طول بر حسب فوت و قطر بر حسب اینچ می‌باشد.

افت موضعی:

برای محاسبه افت موضعی از فرمول زیر و یا جدول‌هایی مشابه جدول صفحه ۳۰۰ استفاده شود.

$$L = 43.7rd^{1.2}$$

برای محاسبه دقیق افت موضعی در حالتی که قطر اولیه لوله کمتر و یا بیشتر از دو برابر قطر ثانویه است، مقدار عدد جدول (که از ستون مربوط به قطر ثانویه استفاده می‌شود) در ضریب K ضرب شود. ضریب K برابر است با:

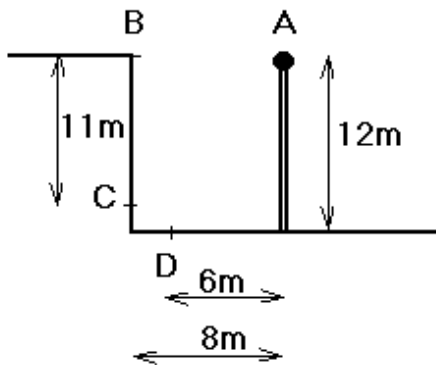
$$K = \frac{d_1}{2 \times d_2}$$

غلط نامه کتاب خدمات فنی در معادن - بخش هوای فشرده			
صفحه	محل	غلط	صحیح
۲۲۸	زیر نویس	iosthermal	isothermal
۲۲۹	سطر اول مثال ۷-۱	فشار آن	فشار نسبی آن
۲۳۴	سطر عنوان جدول	رطوبت مطلب	رطوبت مطلق
۲۳۴	ستون دوم- روبروی دمای ۱۹- درجه	۱/۴۴	۱/۱۴
۲۳۴	ستون آخر- روبروی دمای ۴۰ درجه	۶۱/۱۹	۵۱/۱۹
۲۳۵	اعداد بالای شکل ۷-۱	(اعداد خوانا نیستند)	۰/۱ ۰/۲ ۰/۳ ۰/۴ ۰/۶ ۰/۸ ۱/۰
۲۳۷	سطر سوم	cm ^۳	m ^۳
۲۳۸	سوم- مخرج کسر	۱۰۰۰	۱۰۰
۲۳۸	چهارم- مخرج کسر	۱۰۰	۱۰۰۰
۲۳۸	سطر آخر صورت مسئله ۷-۵	رطوبت نسبی	رطوبت مطلق
۲۳۸	جدول پایین صفحه، در هر دو ستون	کیلوگرم بر سانتی متر مربع	اتمسفر
۲۳۸	ردیف آخر جدول ستون هوای خروجی	۲۰ درجه سانتی گراد	
۲۳۹	ردیف ۴	دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و فشار یک کیلوگرم بر سانتی متر مکعب	دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و فشار ۱ اتمسفر
۲۳۹	سطر اول حل مسئله (محاسبه P2)	۰/۷۵	۷/۵
۲۳۹	سطر آخر حل مسئله	kg/m ^۳	kg/min
۲۴۲	سطر پنجم از پایین	۱۳-۷	۱۷-۷
۲۴۲	سطر سوم از پایین - صورت کسر	V	K
۲۴۵	سطر دوم از پایین (عنوان)	حالت کلی	فشارش غیر تک دما
۲۴۶	سطر سوم حد پایین انتگرال محاسبه شده		۱
۲۴۶	سطر چهارم		
۲۴۶	انتهای تعریف W		(ژول)
۲۴۶	انتهای تعریف V _۱		(متر مکعب)
۲۴۶	انتهای تعریف P _۱		(پاسکال)
۲۴۶	انتهای تعریف P _۲		(پاسکال)
۲۴۷	انتهای متن - فرمول		$hp = \frac{1.4}{1.4-1} \times \frac{0.8 \times 1.03323 \times 10^4 \times 20}{60 \times 75} \times \left[\left(\frac{7.8}{0.8} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right] = 117.86$
۲۴۸	ردیف اول فرمولها- انتهای صورت کسر	۱۰ ^۵ × ۱۰	۱۰ ^۵ × ۱
۲۴۹	سطر دوم	۸۰۰۲۷/۶	۸۰۰۰۰
۲۵۱	ششم از پایین	۳۰۰	۳۰۰۰
۲۵۳	ششم	۹ × ۱۰۰۰۰۰	۰/۹ × ۱۰۰۰۰۰

۲۵۴	سطر اول	فشار نسبی	فشار مطلق
۲۵۴	حل قسمت ج مسئله	در حل مسئله بجای فرمول ایزوترمال باید از فرمول آدیاباتیک استفاده شود.	
۲۶۸	سطر ۱۵	اقتصادی تر از آن است که	اقتصادی تر آن است که
۲۷۳	فرمول هاریس- توان d	۵/۳	۵/۳۱
۲۷۵	فرمول هاریس در سیستم متریک- توان d	۵/۳	۵/۳۱
۲۸۰	سطر پنجم از پایین	می آید	می آید
۲۸۰	سطر چهارم از پایین	در موادی که	در مواردی که
۳۰۰	ستون اول، سطر آخر در جدول ۸-۱۵	تبدیلی	تبدیلی از قطر 2d به قطر d
۳۰۱	عنوان جدول	مختلف [۲۰]	مختلف بر حسب فوت [۲۰]
۳۰۱	ردیف عنوان جدول ستون ۵	کاهش ۱۵٪	کاهش ۵۰٪
۳۱۹	در صورت مثال ۸-۵ قبل از کلمه "باشد" در سطر آخر		و فشار محیط یک بار
۳۲۰	جدول ۸-۲۵ ردیف سوم، ستون سوم از راست	۳	۲
۳۲۳	سطر چهارم	جدول ۸-۱۳	جدول ۸-۱۲
۳۲۴	سطر اول	۴/۰۹	۴/۹
۳۲۶	سوم	bar	bar _g
۳۲۶	سوم	psi	psi _g
۳۲۷	سطر ششم	آتمسفر	آتمسفر (مطلق)
۳۳۰	سطر سوم مسئله ۸-۹	کیلوگرم بر سانتی متر مربع	آتمسفر

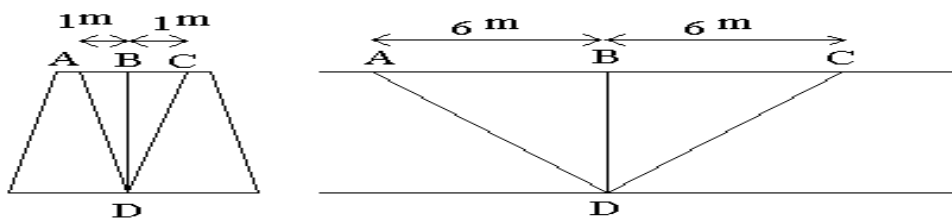
نمونه سوال درس خدمات فنی در معادن:

۱- شکل زیر چگونگی تامین روشنایی در یک جبهه کار روباز را نشان میدهد که چراغ بر بالای دکل ۱۲ متری نصب شده است. برای تامین ۴۰ لوکس روشنایی در لبه پله استخراجی (نقطه B) شدت نور چراغ در جهت چه میزان محاسبه میشود؟
در صورتی که شدت نور در جهت C و D مساوی و برابر ۲۰۰۰ شمع باشد، روشنایی در این نقاط را محاسبه کنید.



۲- برای روشنایی یک تونل معدنی از لامپهایی با جریان نور یکنواخت ۸۰۰ لومن استفاده شده است. این لامپها نور خود را در منطقه‌ای به عرض ۲ متر و طول قابل تنظیم توزیع می‌کنند. برای تامین روشنایی متوسط ۳۰ لوکس در کف تونل فاصله چراغ‌ها از یکدیگر را با استفاده از روش لومن بر حسب متر محاسبه کنید. ارتفاع تونل ۲/۲ متر و عرض آن ۲ متر و ضرایب نگهداری و جذب بترتیب ۰/۵ و ۰/۶۵ فرض شود.

۱- در شکل زیر مقدار روشنایی حاصل از سه چراغ A، B و C را در نقطه D حساب کنید. شدت نور هر سه چراغ در تمام جهات ۱۰۰ شمع و ارتفاع تونل ۲/۱ متر است.



۵- ظرفیت یک کمپرسور ۶۶۰ لیتر بر ثانیه است. فشار هوای ورودی ۰/۹ بار و فشار نسبی هوای خروجی از کمپرسور ۷ بار است. دمای هوا در ورودی و خروجی بترتیب ۱۸ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد است. در صورتی که رطوبت هوای ورودی ۸۰ درصد باشد و در جریان تراکم ۱۵ درصد از رطوبت از سیستم خارج شود، رطوبت نسبی هوای خروجی را حساب کنید. رطوبت مطلق اشباع در دمای ۱۸ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد بترتیب ۱۵/۳۷ و ۶۲/۳۹ گرم بر متر مکعب و فشار جزئی بخار آب در این دو دما بترتیب برابر ۲۰/۶۳ و ۹۱/۰۳ میلی بار است. تراکم از نوع آدیاباتیک با $n=1.4$ فرض شود.

۶- قطر لوله اصلی به طول ۵۰۰ متر را در شرایط زیر را حساب کنید:
شدت جریان هوای آزاد ۲۰۰ لیتر بر ثانیه، فشار هوا قبل و بعد از تراکم بترتیب ۰/۹ و ۷ بار (مطلق) است. تراکم هوا بی در رو فرض شود ($n=1.4$).

۷- افت فشار در لوله‌ای به طول ۸۰۰ متر را در شرایط زیر با فرمول متریک و هاریس محاسبه و بر حسب بار با یکدیگر مقایسه کنید.
فشار هوا قبل از تراکم ۰/۸۵ بار، فشار مطلق هوا بعد از تراکم ۸ بار، شدت جریان هوا ۷۲۰ لیتر بر ثانیه و قطر لوله ۴ اینچ است.

۸- عمر یک دستگاه تعیین عیار گاز متان از توزیع نمایی با میانگین عمر دو سال تبعیت می‌کند. احتمال اینکه اولین خرابی این دستگاه پس از شش ماه باشد چند درصد است؟

بسمه تعالی

امتحان پایان نیمسال

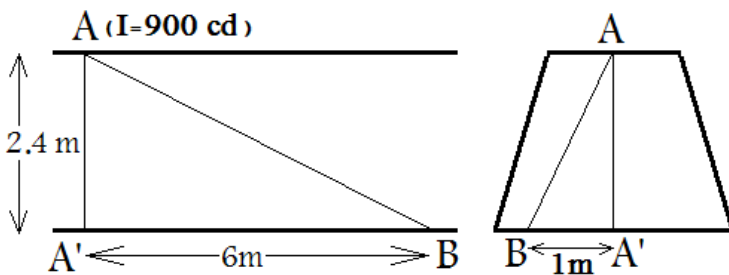
نام درس: خدمات فنی در معادن نام استاد: اسدی کد درس: ۲۲۳۸ گروه آموزشی: استخراج معدن
تاریخ امتحان: مدت امتحان: ۹۰ دقیقه جزوه بسته و ماشین حساب آزاد

قبل از شروع امتحان این قسمت را مطالعه فرمایید.

برگ سوالات درک مطلب شامل ۱۲ سوال تستی (و ۱۰ دقیقه زمان) در بین این امتحان به شما تحویل خواهد شد. نام و نام خانوادگی و شماره صندلی خود را در دو طرف این برگه یادداشت کنید. از علامت زدن در کنار سوالات خودداری کنید. این عمل تقلب محسوب می‌شود. برای این منظور از پشت صفحه استفاده کنید. لازم است تا تمامی مسائل در ورقه پاسخ نامه نیز حل شود تا از انتخاب آگاهانه اطمینان حاصل شود. هر پاسخ درست ۹ امتیاز و هر پاسخ غلط ۳ امتیاز منفی دارد (جمع: ۸۱ امتیاز). در مورد سوالات درک مطلب هر پاسخ درست ۲ امتیاز و هر پاسخ غلط ۰/۲۵ امتیاز منفی دارد (جمع: ۲۴ امتیاز). جمع نمره دو قسمت امتحان ۱۰۵ نمره است. در جلسه امتحان به هیچ سوالی پاسخ داده نمی‌شود. ممکن است پاسخ صحیح برخی مسائل در بین چهار گزینه‌ی موجود وجود نداشته باشد. در این موارد به حل مسئله در پاسخ‌نامه نمره تعلق می‌گیرد.

۱- فاصله چراغ‌ها در تونلی با مشخصات زیر چند متر است: روشنایی متوسط در کف تونل ۵۰ لوکس، جریان نور منبع نور استفاده شده ۱۴۸۰ لومن، عرض منطقه روشن شده بر روی کف تونل ۲/۴ متر، ضرایب نگهداری و جذب بترتیب ۰/۵ و ۰/۶ می‌باشند.

۲- در شکل روبرو در نقطه A یک منبع نور قرار گرفته است.



میزان روشنایی در نقطه B چند لوکس است؟

۳- در یک معدن سنگ ساختمانی سطحی فاصله دکل قائم ۱۲ متری که در انتهای آن یک منبع نور با شدت نور ۵۰۰۰ شمع قرار گرفته است تا دیواره قائم چند متر باشد تا مقدار روشنایی در نقطه‌ای بر روی دیواره که ارتفاع آن نقطه از سطح زمین ۱۲ متر است برابر ۸۰ لوکس باشد.

۴- رطوبت مطلق هوای خروجی از یک کمپرسور که شدت جریان ورودی و خروجی آن بترتیب ۱۵ و ۵ متر مکعب بر دقیقه باشد در حالتی که رطوبت مطلق ورودی ۴ گرم بر متر مکعب است چند گرم بر متر مکعب است؟

۵- چه قطری برای لوله اصلی انتقال هوای فشرده با مشخصات زیر بر حسب متر پیشنهاد میکنید؟ شدت جریان هوای آزاد ۱۵ متر مکعب بر دقیقه، فشار مطلق هوا در ابتدای لوله ۸/۱ بار و فشار جو ۰/۹ فرض شود.

۶- میزان فشار هوا در انتهای لوله‌ای به طول ۴۵۰ متر، قطر ۲/۵ اینچ، فشار نسبی ابتدایی ۷/۷ بار که شدت جریان هوای آزاد ۶ متر مکعب بر دقیقه از آن عبور می‌کند را با استفاده از فرمول متریک بر حسب بار (مطلق) حساب کنید. فشار جو ۱ بار فرض شود.

۷- میزان فشار هوا در انتهای لوله‌ای به طول ۱۴۵۰ فوت، قطر ۳ اینچ و فشار نسبی ابتدایی ۱۱۰ پی اس آی که شدت جریان هوای آزاد ۷ فوت مکعب بر ثانیه از آن عبور می‌کند را با استفاده از فرمول هاریس بر حسب پی اس آی حساب کنید. فشار جو ۱۳ پی اس آی فرض شود.

۸- خرابی یک منبع نور در معدن از قانون توزیع نمایی با عمر متوسط ۴۰۰۰ ساعت تبعیت میکند. احتمال اینکه این منبع نور حداقل ۸۰۰۰ ساعت کار کند چند درصد است؟

۹- خرابی یک تسمه مربوط به دستگاه تهویه معدن از قانون توزیع نمایی تبعیت می‌کند و بطور متوسط هر پنج ماه یکبار اتفاق می‌افتد. محاسبه کنید در هر ماه حداقل چه تعداد تسمه می‌بایست در انبار موجود باشد تا اطمینان حاصل شود که در صورت خرابی تسمه، عدم وجود تسمه برای تعویض در انبار کمتر از یک درصد باشد.

$$D = 1.128 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{2n}} \sqrt{\underline{Q}}$$

$$DP = UP - \frac{1.6 \times 10^8 Q_n^{1.85} L_e}{D_i^5 \times UP}$$

$$DP = UP - \frac{0.1025 Q_n^2 L_e}{D_i^{5.31} \left(\frac{UP}{P_0} \right)}$$

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$$

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{A}$$

$$\rho(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$

$$P(T) = \int_0^t \rho(t) dt$$

$$prob[a < t \leq b] = \int_a^b \rho(t) dt$$

$$\omega = 4\pi \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) = 2\pi(1 - \cos \alpha)$$

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

$$(1 - c)M_1 Q_1 = M_2 Q_2$$

$$m = \frac{M}{M_s} = \frac{P_w}{P_{ws}}$$

سوالات امتحانی پایان نیمسال دوم سال تحصیلی ۸۶-۸۷

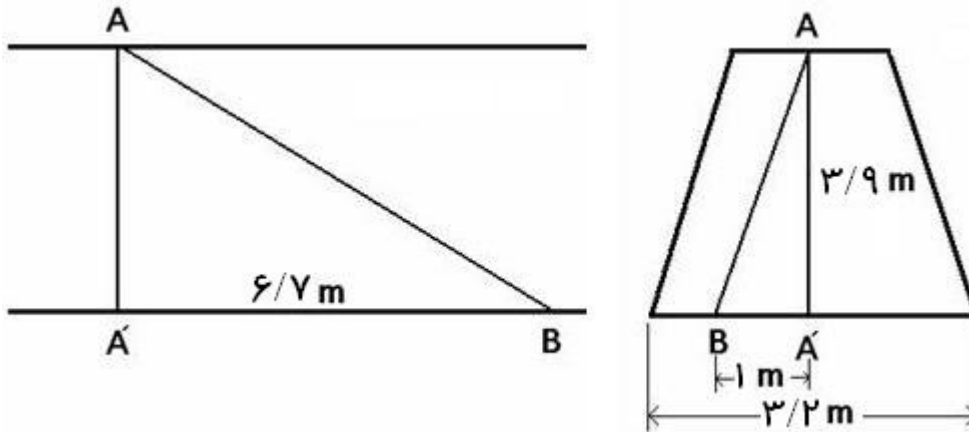
نام درس: خدمات فنی در معادن نام استاد: دکتر احمد اسدی کد درس: ۲۲۳۸ گروه آموزشی: استخراج معدن
تاریخ امتحان: ۸۷/۴/۲ مدت امتحان: یک ساعت و نیم جزوه بسته و ماشین حساب مهندسی آزاد

* نام و نام خانوادگی:

* توجه:

در جلسه امتحان به هیچ سوالی پاسخ داده نمی‌شود. در صورتی که بخشی از سوال به نظر شما ناقص است، همانطور که در کلاس شرح داده شد کافی است با عدد فرضی مسئله را حل کنید. این برگه شامل مسائل است و ۱۴ نمره دارد. سوالات درک مطلب در بین این امتحان تحویل داده می‌شود و پس از ۱۵ دقیقه جمع آوری می‌شود. این دو امتحان جمعاً یک ساعت و نیم زمان دارند.

۱- مقدار روشنایی حاصل از چراغ A را در نقطه B حساب کنید. منحنی توزیع نور چراغ در پشت این صفحه آمده است. (۴ نمره)



۲- فاصله چراغ‌ها در تونل با شرایط زیر را بر حسب متر حساب کنید: ارتفاع تونل ۲/۶ متر، عرض تونل (منطقه روشن شده) ۲ متر، جریان نور کلی هر چراغ ۳۰۰۰ لومن، شدت متوسط نور هر چراغ ۳۰۰ شمع، روشنایی متوسط در کف تونل ۵۰ لوکس، ضریب بهره‌دهی و ضریب نگهداری بترتیب ۰/۵ و ۰/۶ فرض شود. (۲ نمره)

۳- افت فشار در لوله‌ای به طول ۲۵۲ متر را در شرایط زیر با فرمول اطلس کوپکو (بر حسب بار) و هاریس (بر حسب PSI) محاسبه کنید. فشار هوا قبل از تراکم ۰/۹ بار، فشار مطلق هوا بعد از تراکم ۶/۱ بار، شدت جریان هوا ۵۵۵ لیتر بر ثانیه و قطر لوله ۴ اینچ است. تراکم هوا بی‌دررو و ضریب اتمیسیته هوا ۱/۴ فرض شود. (۴ نمره)

۴- قطر مناسب برای لوله انتقال هوای فشرده مسئله ۳ را با استفاده از حداکثر سرعت ۷/۶ متر بر ثانیه (بر حسب متر- نیازی به انتخاب قطر استاندارد نیست) حساب کنید. (۲ نمره)

۵- عمر یک دستگاه در معدن از توزیع نمایی با میانگین عمر ۲ سال تبعیت می‌کند. احتمال اینکه اولین خرابی این دستگاه در ماه دوم رخ دهد چند درصد است؟ (۲ نمره)

قطر لوله انتقال هوای فشرده در شرایط زیر را حساب کنید:

شدت جریان هوای آزاد ۰/۱ متر مکعب بر ثانیه، فشار هوای محل ۱ بار، فشار نسبی هوای محل ۷ بار، تراکم بی در رو (n=1.4) و لوله اصلی (v=7.6 m/s)

$$P_1 Q_1^{1.4} = P_2 Q_2^{1.4}$$

$$Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{1.4}} \times Q_1$$

$$Q_2 = \left(\frac{1}{8} \right)^{\frac{1}{1.4}} \times 0.1$$

$$Q_2 = 0.02226 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$A = \frac{Q_2}{V} = \frac{0.02226}{7.6}$$

$$A = 2.97 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.97 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$D = 0.06159 \text{ m}$$

$$D = 2.42 \text{ inch}$$

$$D = 2.5 \text{ inch}$$

سوالات متفرقه بخش روشنایی در معادن

۱- فاصله دو چراغ روشنایی را در شرایط زیر در یک معدن حساب کنید:

لامپ مورد استفاده دارای ۲۰۰۰ لومن جریان نور بوده، ضرایب بهره‌دهی، نگهداری و جذب بترتیب ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۹ بوده و عرض تونل (معادل عرض منطقه روشن شده) برابر ۲ متر و شدت روشنایی مورد نیاز ۶۰ لوکس است. ارتفاع تونل ۲/۴ متر فرض شود.

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times l}$$

$$l = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times E}$$

$$l = \frac{2000 \times 0.5 \times 0.4 \times 0.9}{2 \times 60}$$

$$l = 3 \text{ m}$$

۲- فاصله دو چراغ روشنایی در شرایط زیر در یک معدن را حساب کنید:

لامپ مورد استفاده دارای ۵۰۰۰ لومن جریان نور بوده، ضرایب بهره‌دهی، نگهداری و جذب بترتیب ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۹ بوده و عرض تونل (معادل عرض منطقه روشن شده) برابر ۲ متر و شدت روشنایی مورد نیاز ۲۰ لوکس است. ارتفاع تونل ۲/۴ متر فرض شود.

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times l}$$

$$l = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times E}$$

$$l = \frac{5000 \times 0.5 \times 0.4 \times 0.9}{2 \times 20}$$

$$l = 22.5 \text{ m } (l > 2h)$$

$$l \leq 2h \Rightarrow l = 2h = 4.8 \text{ m}$$

$$\phi = \frac{b \times E \times l}{F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}$$

$$\phi = 1066.67 \text{ lm}$$

۳- در مثال بالا در صورتی که قصد انتخاب لامپ از جدول ۴-۵ (صفحه ۱۵۸) را داشته باشید، منبع نور مناسب و فاصله چراغ‌ها را تعیین کنید. طول تونل ۱۲۰۰ متر است.
الف) استفاده از لامپ ۲۰ وات (۱۰۰۰ لومن):

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times l}$$

$$l = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times E}$$

$$l = \frac{1000 \times 0.5 \times 0.4 \times 0.9}{2 \times 20}$$

$$l = 4.5 \text{ m}$$

تعداد چراغ مورد نیاز و مصرف نیروی الکتریکی برابر است با:

$$n = \frac{1200}{4.5} = 267$$

$$N = 267 \times 20 = 5340 \text{ W}$$

ب) استفاده از لامپ ۲۵ وات (۱۴۵۰ لومن):

$$E = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_{ab} \cdot F_m}{b \times l}$$

$$E = \frac{1450 \times 0.5 \times 0.4 \times 0.9}{2 \times 4.8}$$

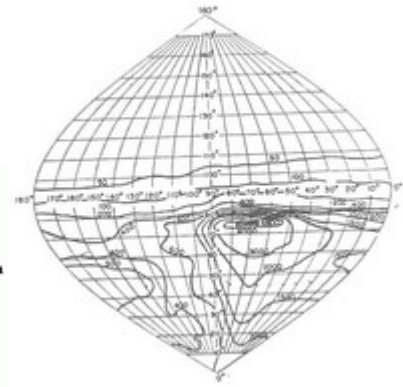
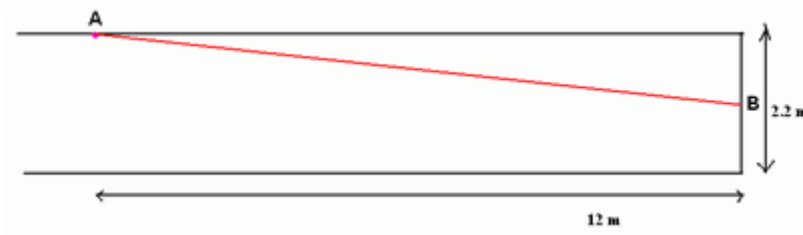
$$E = 27.1875 \text{ lx}$$

تعداد چراغ مورد نیاز و مصرف نیروی الکتریکی برابر است با:

$$n = \frac{1200}{4.8} = 250$$

$$N = 250 \times 25 = 6250 \text{ W}$$

۲- در یک جبهه کار پیشروی، منبع نوری در فاصله ۱۲ متری جبهه کار و در محور مرکزی تونل نصب شده است. شدت روشنایی در نقطه‌ای واقع در مرکز جبهه کار را حساب کنید. ارتفاع تونل ۲/۲ متر و منحنی توزیع شدت نور منبع زیر آمده است.



حل:

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1.1}{12}\right) = 5.23^\circ$$

$$\gamma = 90 - \alpha = 90 - 5.23 = 84.77^\circ \Rightarrow I = 300 \text{ cd (or 200 cd)}$$

$$I = 300 \Rightarrow E = \frac{300}{12^2} \cos^3 5.23 = 2.057 \text{ lx}$$

$$I = 200 \Rightarrow E = \frac{200}{12^2} \cos^3 5.23 = 1.37 \text{ lx}$$

مسائل متفرقه هوای فشرده

۱- در یک کمپرسور با ظرفیت ۱۰ متر مکعب بر دقیقه، فشار از ۱ بار به ۷ بار (نسبی) رسانده می‌شود. در صورتی که دمای ورودی به کمپرسور ۲۰ درجه سانتی گراد و دمای خروجی آن ۳۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی هوای ورودی ۱۵ درصد باشد، با فرض تراکم بی در رو ($n=1.4$) رطوبت هوای خروجی از کمپرسور را حساب کنید (نسبی و مطلق). رطوبت مطلق هوا در شرایط اشباع در دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد بترتیب ۱۷/۳۰ و ۳۰/۳۶ گرم بر متر مکعب است.

$$m = \frac{M}{M_s} \Rightarrow M = m \times M_s = 0.15 \times 17.3 = 2.595 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 \times Q_1^n = P_2 \times Q_2^n \Rightarrow Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)} \times Q_1$$

$$Q_2 = \left(\frac{1}{8} \right)^{\left(\frac{1}{1.4} \right)} \times 10 \Rightarrow Q_2 = 2.26 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$(1-c)M_1Q_1 = M_2Q_2$$

$$M_2 = \frac{2.595 \times 10}{2.26} = 11.5 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$m_2 = \frac{M_2}{M_{2s}} \times 100 = \frac{11.5}{30.36} \times 100 = 37.87\%$$

۲- در مسئله بالا در صورتی که رطوبت نسبی هوای ورودی ۵۰ درصد باشد، رطوبت مطلق و نسبی هوای خروجی را محاسبه کنید.

$$m = \frac{M}{M_s} \Rightarrow M = m \times M_s = 0.5 \times 17.3 = 8.65 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 \times Q_1^n = P_2 \times Q_2^n \Rightarrow Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)} \times Q_1$$

$$Q_2 = \left(\frac{1}{8} \right)^{\left(\frac{1}{1.4} \right)} \times 10 \Rightarrow Q_2 = 2.26 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$(1-c)M_1Q_1 = M_2Q_2$$

$$M_2 = \frac{8.65 \times 10}{2.26} = 38.27 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3} \Rightarrow M_2 = 30.36 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$m_2 = 100\%$$

۳- در مثال بالا در صورتی که ۳۰ درصد رطوبت در جریان تراکم از سیستم خارج شود، رطوبت مطلق و نسبی هوای خروجی را حساب کنید.

$$m = \frac{M}{M_s} \Rightarrow M = m \times M_s = 0.5 \times 17.3 = 8.65 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 \times Q_1^n = P_2 \times Q_2^n \Rightarrow Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)} \times Q_1$$

$$Q_2 = \left(\frac{1}{8} \right)^{\left(\frac{1}{1.4} \right)} \times 10 \Rightarrow Q_2 = 2.26 \frac{m^3}{min}$$

$$(1-c)M_1Q_1 = M_2Q_2$$

$$M_2 = \frac{(1-0.3) \times 8.65 \times 10}{2.26} = 26.79 \frac{gr}{m^3}$$

$$m_2 = \frac{M_2}{M_{2s}} \times 100 = \frac{26.79}{30.36} \times 100 = 88.24\%$$

فهرست منابع انگلیسی:

1. Hartman H.L., Senior Editor, SME Mining Engineering Handbook, 2nd ed., Sacramento, California, 1992.
2. Peele, R., Mining Engineers' Handbook, Wiley Eastern Private Limited, New Delhi, 1969.
3. Hartman, H.L., and Mutmanky, J. M., Introductory to Mining Engineering, John Wiley & Sons, second edition, Hoboken, New Jersey, Canada, 2002.
4. Hustrulid W.A., and Bullock, Richard L., Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2001.
5. Kennedy, B.A., Surface Mining, 2nd ed., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Jakarta, Indonesia, 1989.
6. Agoshkov, M., Borisov, S., and Boyarsky, V., Mining of Ores and Non- Metallic Minerals, Mir Publishers, 1988, Moscow.
7. Hustrulid, W.A. (Editor), Underground Mining Methods Handbook, SME-AIME, 1982; New York.
8. The Institution of Mining and Metallurgy, Surface Mining and Quarrying, Chapman & Hall, England, 1983.
9. Hustrulid, W., and Kuchta, M., Open Pit Mine Planning & Design, A. A. Balkema, Rotterdam/ Brookfield, 1995.

فهرست منابع فارسی:

۱. اورعی، کاظم و اسدی، احمد، *اقتصاد مهندسی*، چاپ دوم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۲، تهران.
۲. مدنی، حسن، *خدمات فنی در معادن*، چاپ اول، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۵، تهران.
۳. حاج شیر محمدی، علی، *برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری (مدیریت فنی در صنایع)*، چاپ چهارم، انتشارات غزال، ۱۳۷۶، تهران.
۴. زنگنه، محمد مظفر، *روشنائی فنی*، چاپ سوم، انتشارات کتابفروشی دهخدا، ۱۳۵۵، تهران.