



شماره: ۸۵۰۶۱۰۱۷

بازنگری: صفر

راهنمای اندازه گیری روشنایی

فهرست

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	هدف
۲	دامنه
۲	مراجع
۲	روشهای بررسی و اندازه‌گیری روشنایی محیط کار
۱۷	پیوست
۱۷	توضیح واژه‌های فرمها
۱۹	نحوه ارزیابی روشنایی
۲۰	مدلهای آرایش منابع روشنایی فضاها و فرمولهای آنها
۲۲	تعاریف

مقدمه

این راهنما به منظور حفظ یکنواختی در استقرار نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست و برآوردسازی اهداف بند ۴ راهنمای استقرار و توسعه نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست وزارت نفت به عنوان یک الزام تهیه و در آن به حداقل الزامات جهت پایش و اندازه‌گیری عامل فیزیکی روشنایی اشاره شده است.

در ضمن سند فوق کاربرد فراوانی در انجام ممیزی‌های این نظام داشته و به نکات مهم و برجسته‌ای که در هنگام ممیزی می‌بایست به آن توجه شود، نیز اشاره دارد.
لازم است موارد مطروحه در این مجموعه بصورت حداقل الزامات در نظر گرفته شود.

مجموعه تهیه شده در مرحله بازنگری صفر می‌باشد، پس از اجرا در صنعت نفت و در راستای بهبود روش‌ها و برنامه‌های بهداشتی، مدیریت‌ها/رؤسای محترم H.S.E پیشنهادات اصلاحی خود را می‌توانند از طریق مدیران HSE شرکت‌های اصلی ذیربط به اداره کل HSE وزارت نفت ارسال نمایند. اقدامات اصلاحی مرتبط در بازنگری آتی مد نظر قرار خواهد گرفت و شرح بازنگری در این قسمت درج خواهد شد.

۱. هدف:

پایش و اندازه‌گیری روشنایی (عامل زیان‌آور فیزیکی محیط کار) به منظور کنترل مؤثر این عامل

۲. دامنه:

کلیه واحدهای صنعت نفت

۳. مراجع:

3-1- ACGIH.TLVs and BELs BASED on the Documentation of the Threshold Limit Values-1 For Chemical substances and Physical Agents & Biological Exposure Indexes 2003

3-2- OSHA, OSHA Technical Manual, Heat Stress 2001

۳-۳- مهندسی روشنایی - مهندس پرویز ذو اشتیاق - چاپ اول

۴. روشهای بررسی و اندازه‌گیری روشنایی محیط کار

چون تأمین روشنایی صحیح در محیطهای کار برای جلوگیری از بیماریهای چشمی شغلی از قبیل نیستاگموس - خستگی چشم و کاهش حوادث ناشی از کار و افزایش راندمان کار شاغلین نقش مهمی را ایفا می‌کند، بنابراین لازم است که روشنایی کارگاهها و تاسیسات برای ارزیابی و طراحی صحیح از جنبه‌های کمی و کیفی در شیفتها، روزها و ساعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته و با استانداردهای موجود مقایسه گردد. چنانچه کارگاهی یا محل کار کارگری فاقد نور مناسب باشد باید با در نظر گرفتن اصول لازم نسبت به تأمین روشنایی مطلوب اقدام نمود.

برای مطالعه روشنایی کارگاه‌ها از روشهای اندازه‌گیری موضعی و عمومی (منظم و غیرمنظم) و دستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری استفاده می‌شود اما قبل از اندازه‌گیری روشنایی محیط کار (برای ارزشیابی صحیح) باید به موارد زیر توجه نمود:

۱. نقشه ساده‌ای از کارگاه و سطوحی که باید روشنایی آن را اندازه‌گیری کنید، تهیه نمایید.
۲. روی نقشه منابع روشنایی (طبیعی یا مصنوعی) تعداد لامپهای موجود و تعداد ردیف آنها را مشخص کنید.
۳. دستگاه اندازه‌گیری را طبق روش کالیبراسیون مربوطه کالیبره نمایید.
۴. مقادیر مربوط به میزان روشنایی و درخشندگی سطوح مختلف را پس از اندازه‌گیری در نقشه ثبت نمایید.
۵. اندازه‌گیری‌ها در محلی که کارگران (شاغلین) بیشترین دید را بر روی آن دارد انجام شود. بدین ترتیب که سلول اندازه‌گیری (حساس) دستگاه در نقطه‌ای قرار گیرد که کارگر در آنجا توجه بیشتری دارد (موضعی)
۶. در هنگام اندازه‌گیری باید دقت کنید که مانعی در سر راه منابع روشنایی وجود نداشته باشد و یا سایه‌ای ایجاد نگردد.
۷. بررسی اندازه‌گیری در زمینه کارگاه‌ها باید تعداد محلهای اندازه‌گیری در نقاط مختلف کارگاه انتخاب شود و پس از یکسری اندازه‌گیری میزان روشنایی در محوطه کارگاه محاسبه گردد.
۸. گزارش مبنی بر توصیف و شرح نوع کار تعداد کارگران برای هر نوع شغل خاص، فاکتورهای محیطی از قبیل رنگ سقف و دیوارها، نوع منابع مصنوعی نور، انواع موانع، نحوه نگهداری و مراقبت از وسائل روشنایی و غیره به منظور بررسی روشنایی و غیره به منظور بررسی روشنایی و مقایسه با استاندارد تهیه گردد و یا در فرمها و جداول ابلاغی ثبت گردد.

محاسبه میانگین اندازه‌گیری مقدار روشنایی (Illumination Measurement Average) تعیین میانگین مقدار روشنایی در یک سطح افقی در روشنایی عمومی کارگاه، بدین ترتیب است که ابتدا محلهای اندازه‌گیری در کارگاه از طریق تقسیم سطح کارگاه به مربعهای ۹۰ سانتی‌متر مربع مشخص شده و سپس مقدار روشنایی در وسط هر مربع توسط

دستگاه فتومتر یا لوکس متر قرائت می‌گردد. وسایل اندازه‌گیری باید در یک سطح افقی و در ارتفاع ۷۵ سانتی‌متری یا یک متری از کف کارگاه قرار گیرد. ضمناً روشنایی طبیعی (روز) باید در اندازه‌گیری (روشنایی مصنوعی) از کل محاسبات خارج گردد. در این رابطه بهتر است که اندازه‌گیری در شب و یا سایه انجام گیرد. برای مشخص کردن متوسط روشنایی عمومی کارگاهها می‌توان از روشهای ارائه شده (I. E. S) زیر استفاده نمود؛

۴-۱. فضاهای با سطح منظم و با لامپهای فضایی قرینه در دو یا چند ردیف

برای بدست آوردن میانگین مقدار روشنایی در این نوع فضاها با توجه به شکل (۳-۱) نقاط اندازه‌گیری را مشخص می‌کنند و با استفاده از معادله زیر میانگین روشنایی محاسبه می‌گردد.

$$A.I = \frac{Q(N-1) + T(M-1) + P + R(N-1)(M-1)}{N.M}$$

N : تعداد لامپها در هر ردیف

M : تعداد ردیفها

Q, R, P, T : میانگین مقدار روشنایی نقاط مختلف اندازه‌گیری طبق شکل (۳-۱) است که به ترتیب زیر بدست می‌آیند:

الف) اندازه‌گیری شدت روشنایی در محلهای ۱-۱, ۲-۱, ۳-۱, ۴-۱ تکرار اندازه‌گیری در محلهای ۱-۷, ۲-۷, ۳-۷, ۴-۷

۵-۲, ۶-۲ انجام می‌گیرد و میانگین عددی این هشت محل اندازه‌گیری جایگزین حرف R در معادله فوق

می‌گردد.

ب) در محلهای ۱-۱, ۲-۱, ۳-۱, ۴-۱ در نیمه‌های انتهایی کار فضاها اندازه‌گیری انجام می‌گیرد و میانگین این

چهار نقطه اندازه‌گیری به صورت Q در معادله فوق منظور می‌گردد.

ج) در نیمه‌های کناری فضاها در محلهای تعیین شده ۱-۱, ۲-۱, ۳-۱, ۴-۱ طبق شکل اندازه‌گیری را انجام داده

و میانگین عددی روشنایی این چهار محل به صورت حرف T در معادله فوق قرار می‌گیرد.

د) اندازه‌گیری را در محلهای $p-1$, $p-2$ در دو گوشه انتهایی فضاها انجام داده و میانگین روشنایی این دو نقطه به جای حرف P در معادله فوق قرار می‌گیرد.

۲-۴. فضاهای با سطح منظم با لامپ منفرد (تک منبعی)

در این نوع فضاها طبق شکل (۲-۳) نقاط اندازه‌گیری را مشخص و در محلهای $p-1$, $p-2$, $p-3$, $p-4$ اندازه‌گیری را انجام داده میانگین این چهار اندازه‌گیری مقدار متوسط روشنایی می‌باشد.

۳-۴. فضاهای با سطح منظم با لامپ‌های جدا از هم در یک ردیف

در این نوع فضاها برای بدست آوردن میانگین مقدار روشنایی طبق شکل (۳-۳) عمل نموده و از طریق معادله زیر متوسط روشنایی محاسبه می‌گردد.

$$A.I = \frac{Q(N-1) + P}{N}$$

در این فضاها اندازه‌گیری روشنایی به ترتیب زیر انجام می‌گیرد:

الف) ابتدا اندازه‌گیری در محلهای $q-1$ تا $q-n$ طبق شکل در چهار قسمت میانی سطح کار انجام گرفته و میانگین عددی این هشت محل اندازه‌گیری حرف Q در معادله فوق می‌شود.

ب) در گوشه‌های انتهایی فضاها در محل $p-1$ و $p-2$ اندازه‌گیری را انجام داده و میانگین روشنایی اندازه‌گیری شده این دو محل جایگزین حرف P در معادله فوق می‌گردد.

۴-۴. فضاهای با سطح منظم و با لامپهای متصل و ممتد در دو یا چند ردیف

در این فضاها میانگین روشنایی عمومی فضاها از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$A.I = \frac{QN + T(M-1) + P + RN(M-1)}{M(N+1)}$$

روش محاسبه و اندازه‌گیری روشنایی در این فضاها طبق شکل (۴-۳) به این صورت است:

الف) ابتدا در مرکز فضا روشنایی محل‌های $r-1$ و $r-4$ طبق شکل اندازه‌گیری شده و میانگین آنها و معادله فوق جایگزین حرف R می‌شود.

ب) اندازه‌گیری در نیمه دو طرف فضا در محل‌های تعیین شده $q-1$ و $q-2$ انجام گرفته و میانگین عدد این دو محلی اندازه‌گیری جایگزین حرف Q در معادله مذکور می‌گردد.

ج) طبق شکل (۳-۴) در محل‌های $t-1$ و $t-2$ در هر یک از انتهاهای کارگاه روشنایی اندازه‌گیری شده و میانگین آنها به جای حرف T در معادله فوق قرار می‌گیرد.

د) همچنین در دو گوشه‌های فضا در محل‌های $p-1$ و $p-2$ اندازه‌گیری انجام گرفته و میانگین عددی این اندازه‌گیری در معادله فوق جایگزین حرف P می‌گردد.

۴-۵. فضا با سطح منظم با لامپهای پیوسته در یک ردیف

برای بدست آوردن میانگین مقدار روشنایی در این نوع فضاها با توجه به شکل (۳-۵) نقاط اندازه‌گیری را مشخص می‌کنند و با استفاده از معادله و روش زیر میانگین روشنایی عمومی فضا محاسبه می‌گردد.

$$A.I = \frac{QN + P}{N + 1}$$

۱. روشنایی را در محل‌های $p-1$ تا $p-6$ طبق شکل اندازه‌گیری نموده و میانگین آنها جایگزین حرف Q در معادله فوق می‌شود.

۲. در دو گوشه این فضا در محل‌های $p-1$ و $p-2$ اندازه‌گیری را انجام داده و میانگین این دو اندازه‌گیری به جای حرف P در معادله فوق قرار خواهد گرفت.

۴-۶. فضا با سطح منظم با صنایع روشنایی اطراف سقف (Louveral)

در این فضاها میانگین روشنایی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$A.I = \frac{\lambda Q(L-\lambda) + \lambda T(W-\lambda) + \epsilon P + R(L-\lambda)(W-\lambda)}{W \cdot \lambda}$$

که در آن:

w = عرض فضا

L = طول فضا

R, T, Q, R میانگین مقدار روشنایی نقاط مختلف اندازه‌گیری طبق شکل (۳-۶) است که به ترتیب زیر بدست می‌آیند؛

۱. اندازه‌گیری روشنایی از $r-1$ تا $r-4$ در محل‌های مشخص شده (شکل (۳-۶)) به صورت تصادفی (Random) در

قسمت مرکزی از سطح فضا انجام می‌گیرد. متوسط روشنایی این چهار محل اندازه‌گیری به جای حرف R در

معادله فوق قرار می‌گیرد.

۲. طبق شکل نقاط $q-1$ و $q-2$ در فاصله دو فوتی از دیوارهای بلند فضا مشخص شده و روشنایی آنها اندازه‌گیری

می‌شود میانگین عددی روشنایی این دو محل جایگزین حرف Q در معادله فوق می‌گردد.

نقاط $t-1$ و $t-2$ در فاصله دو فوتی از دیوارهای کوتاه فضا را معلوم می‌کنند. سپس اندازه‌گیری روشنایی در این

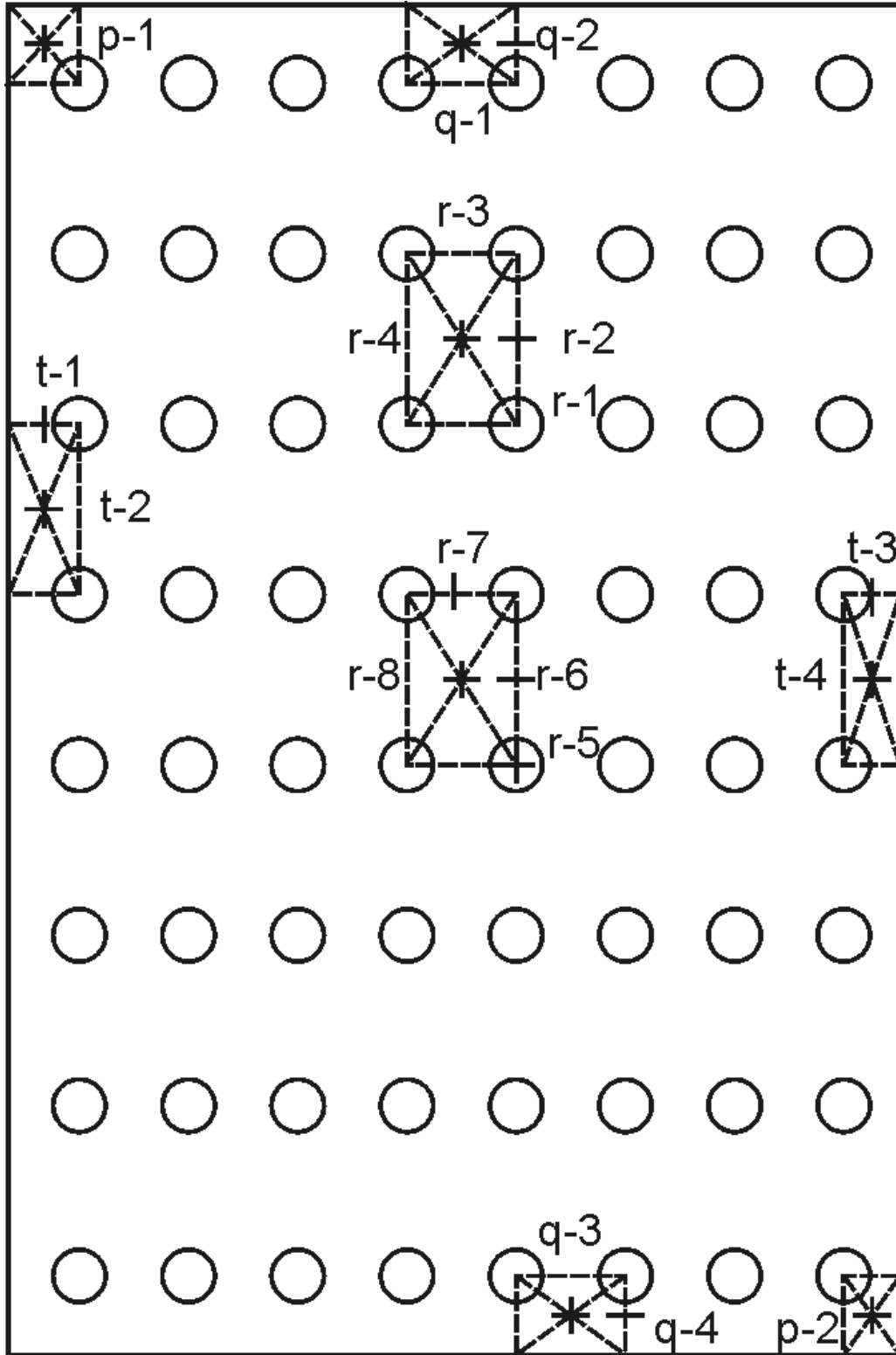
نقاط را انجام می‌دهند و میانگین آنها به جای حرف T در معادله فوق قرار می‌گیرد.

در دو گوشه کناری کارگاه در محل‌های $p-1$ و $p-2$ اندازه‌گیری را در فاصله دو فوتی از هر دیوار انجام داده و

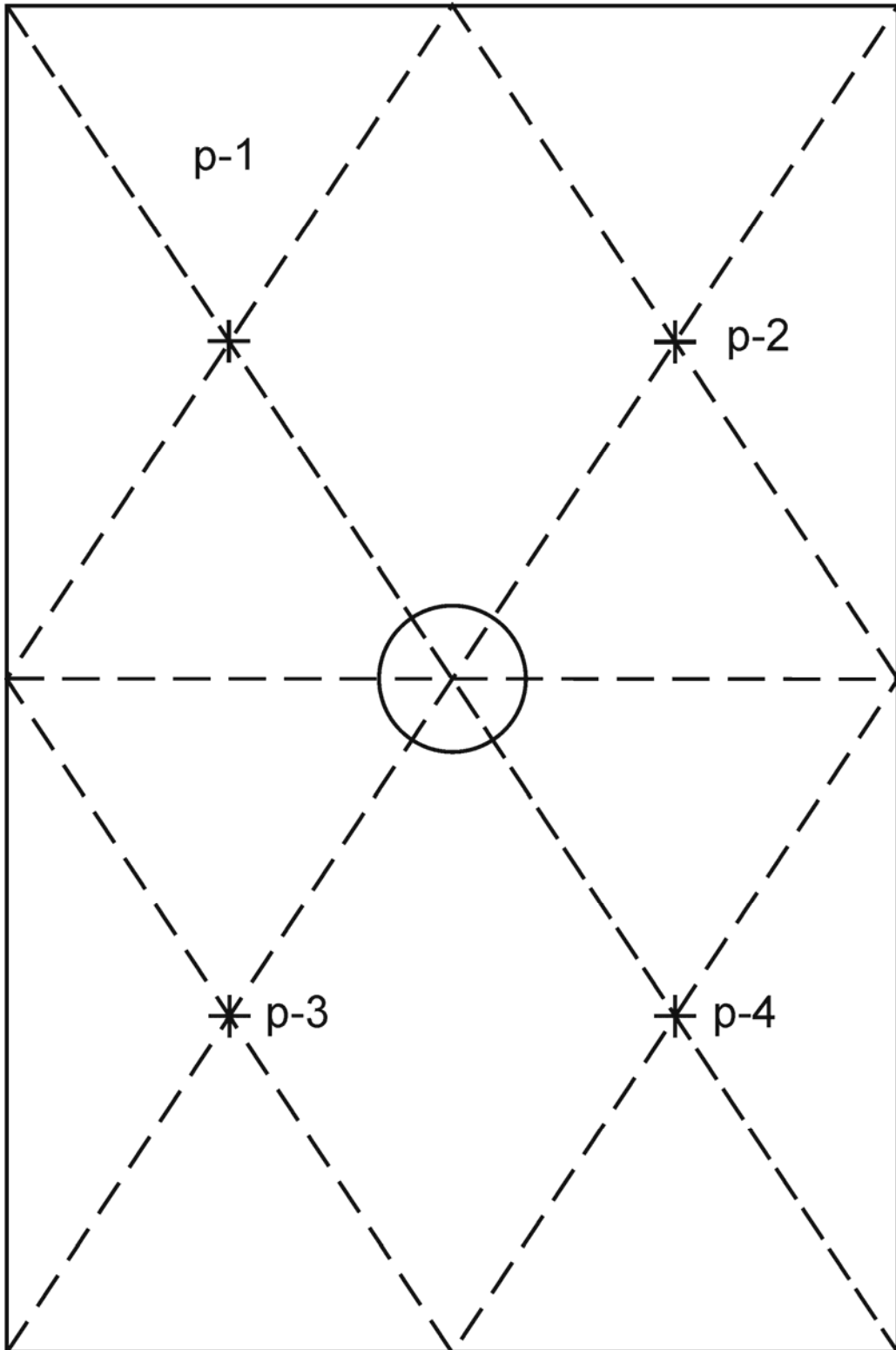
میانگین روشنایی این دو محل جایگزین حرف P در معادله فوق می‌شود.

۷-۴. شکل های مربوط به مدل های اندازه گیری روشنایی

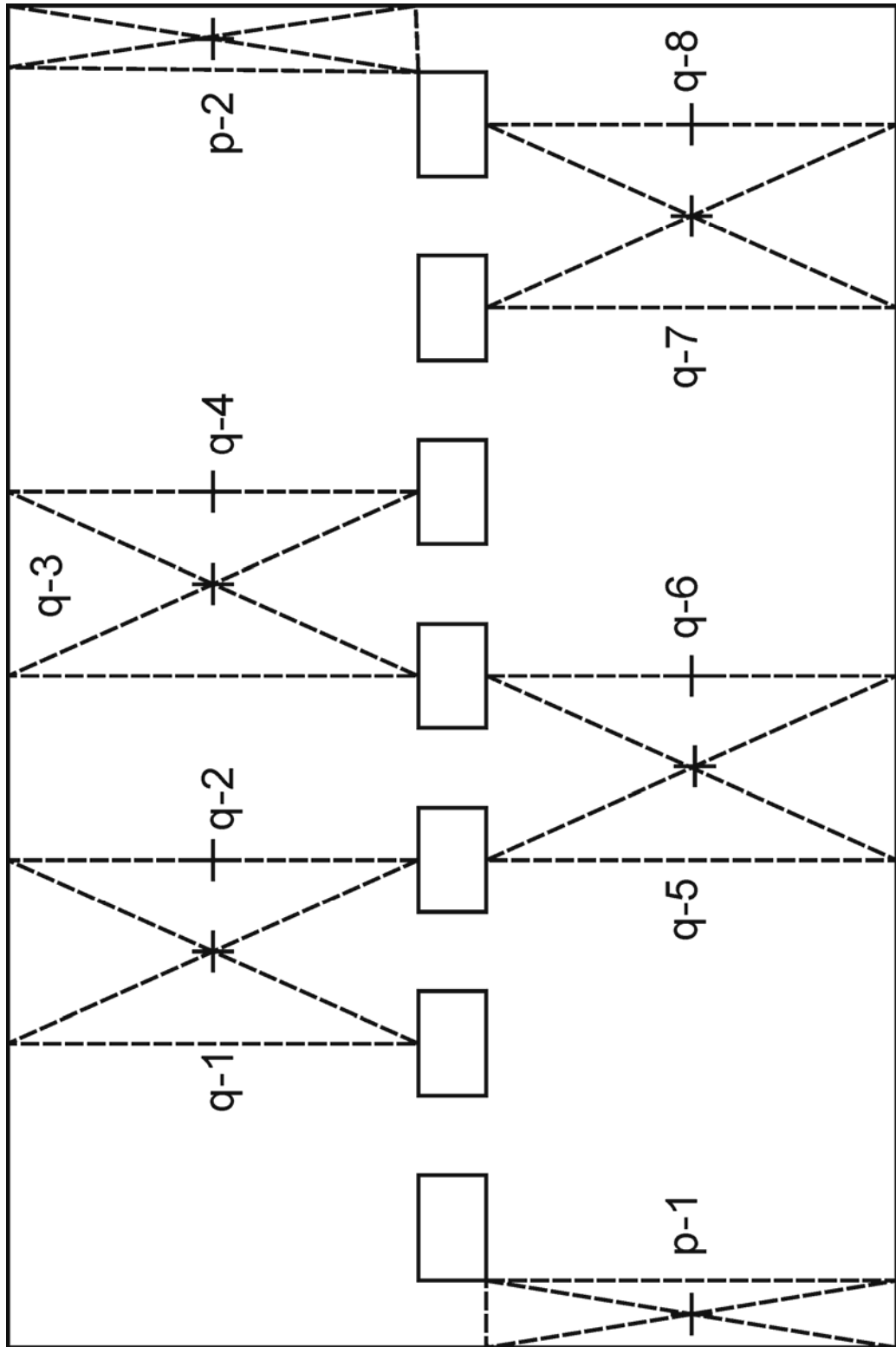
شکل (۱-۳)



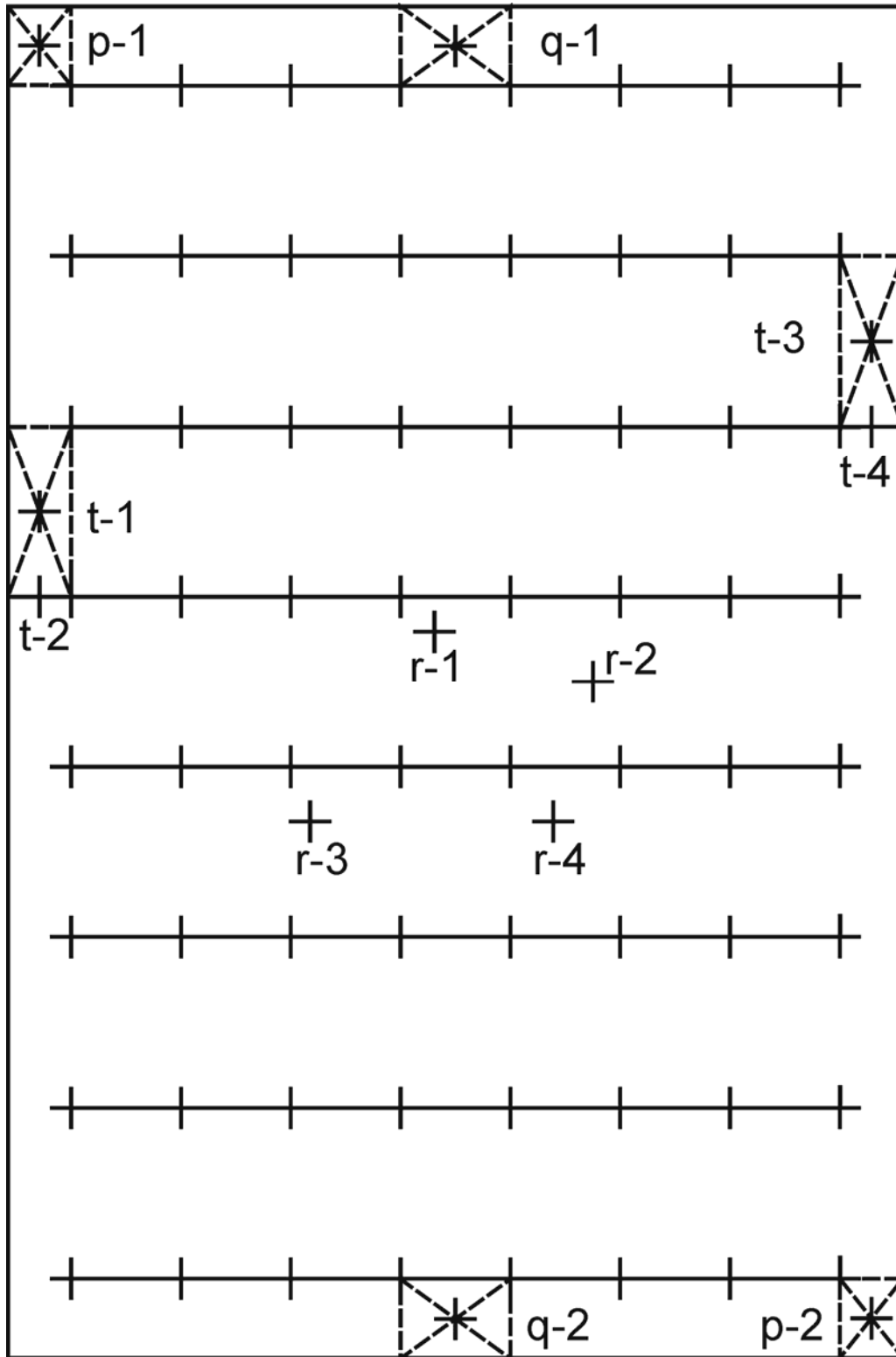
شکل (۲-۳)



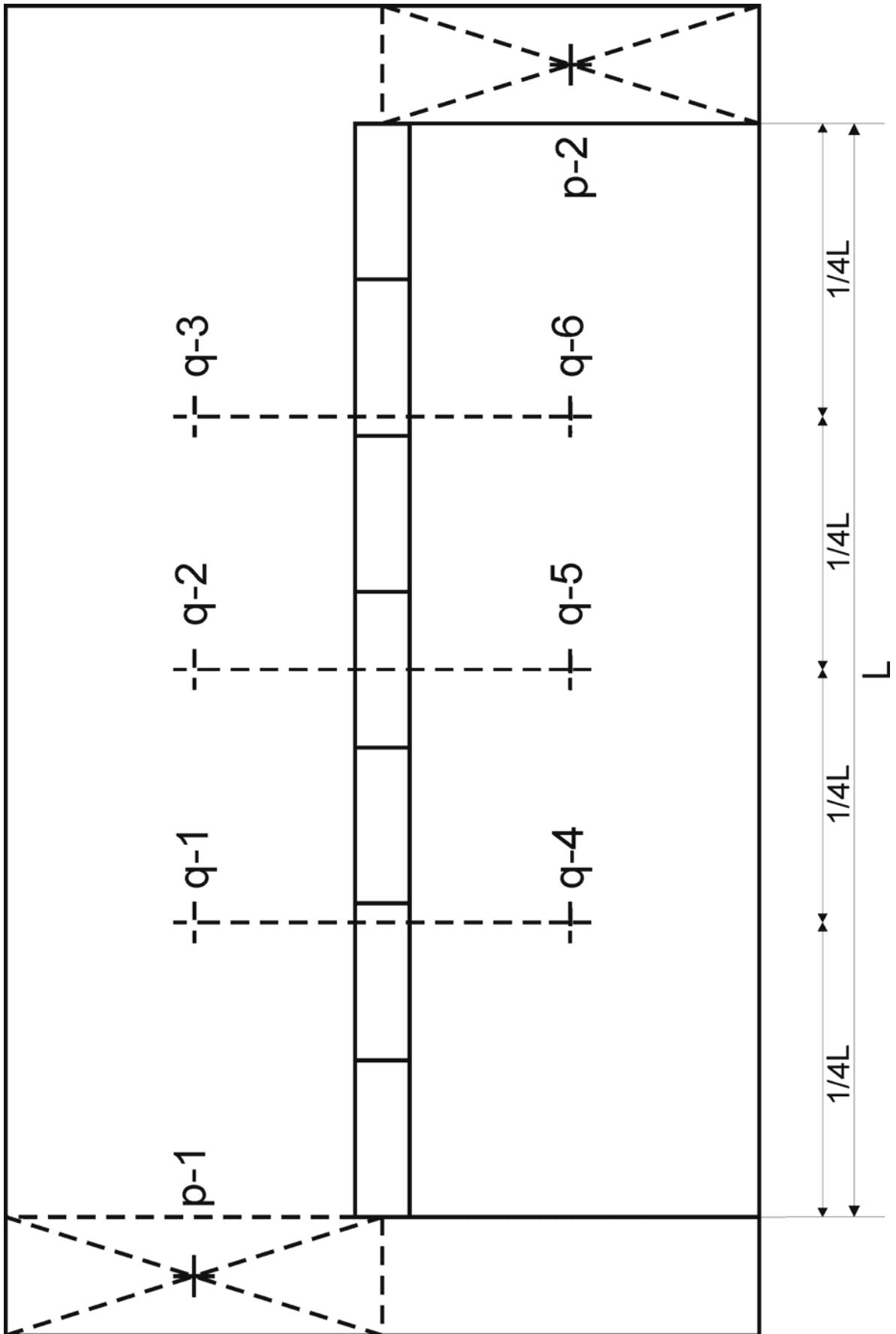
شکل (۳-۳)



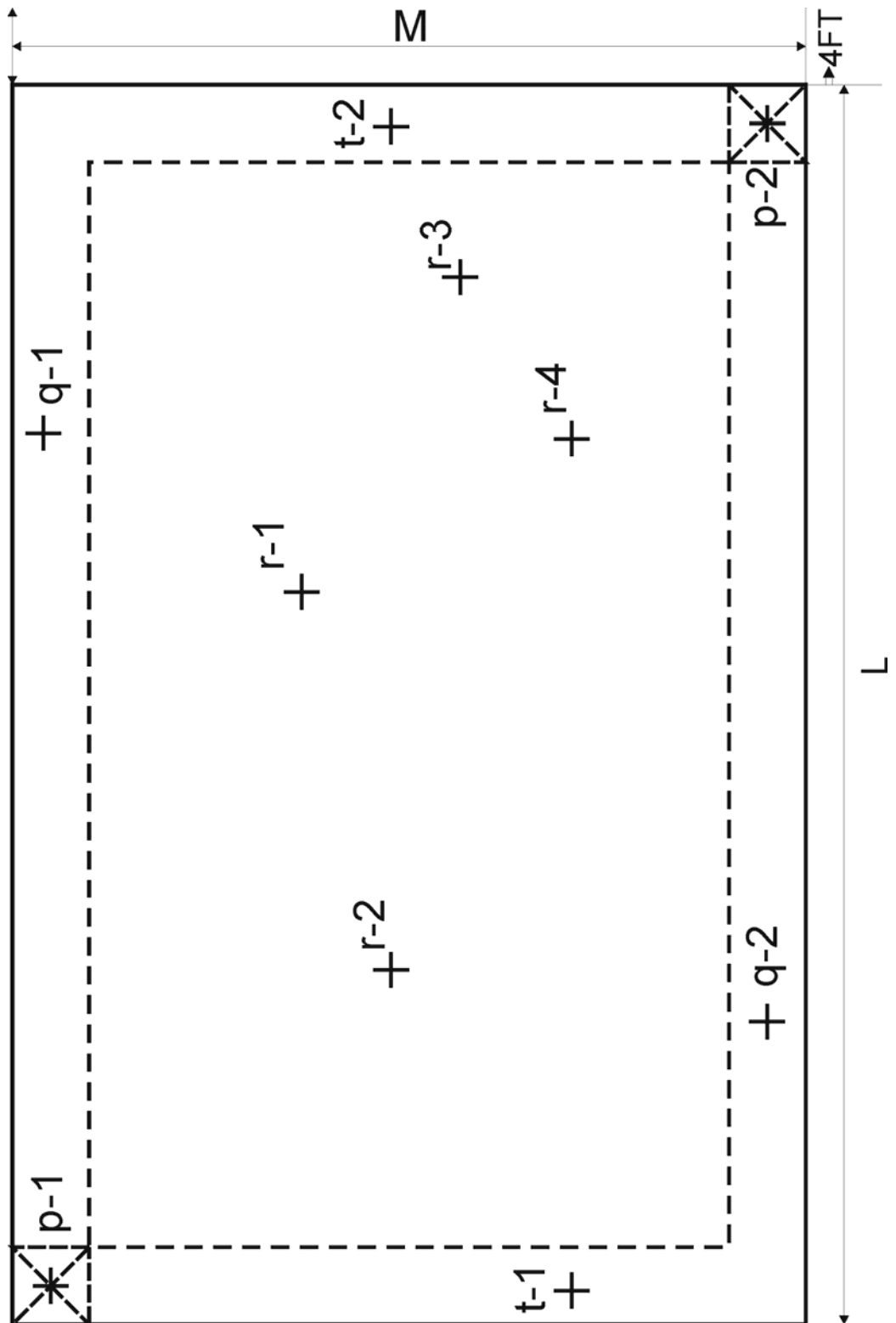
شکل (۳-۴)



شکل (۵-۳)



شکل (۳-۶)



۳- فرم های اندازه گیری نور در محیط های کاری

فرم اندازه گیری روشنایی عمومی

سازمان/شرکت:	مساحت مکان مورد ارزیابی:	رنگ دیوار:
نام واحد:	محل اندازه گیری:	رنگ سقف:
تاریخ:	نوع منبع (منابع) روشنایی:	رنگ کف:

روش اندازه گیری: طبق مدل نامنظم

زمان اندازه گیری:

ایستگاه	شدت روشنایی	ایستگاه	شدت روشنایی	ایستگاه	شدت روشنایی	ایستگاه	شدت روشنایی

نتایج اندازه گیری

حداقل شدت روشنایی (Lux):	حداکثر شدت روشنایی (LUX)
متوسط شدت روشنایی (Lux)	استاندارد روشنایی (LUX)

تفسیر و ارزشیابی نتایج:

فرم شماره الف

منحنی های هم لو کس (CONTOUR)



فرم شماره ب

پیوست

۱. توضیح واژه‌های فرم‌ها

فرم شماره الف:

منظور سازمان/شرکت/مدیریت = منظور تشکیلاتی است که از نظر اداری واحد مورد اندازه‌گیری تابع آن می‌باشد.

واحد = منظور نام واحد یا قسمتی است که در آن اندازه‌گیری به عمل آمده.

تاریخ = تاریخ تکمیل فرم

شرایط جوی = فاکتورهای کلی بیان‌کننده شرایط جوی مانند (گرم - سرد - آلودگی بالا و...) ذکر می‌گردد.

محل اندازه‌گیری = یعنی واحدی که مورد اندازه‌گیری واقع گردیده است.

نوع منبع (منابع) روشنایی = نوع لامپ‌ها از قبیل فلورسنت، جیوه‌ای و...

رنگ دیوار، سقف و کف = منظور رنگ سطوح مورد نظر می‌باشد.

زمان اندازه‌گیری = ساعت اندازه‌گیری ذکر گردد.

روش اندازه‌گیری = با مشخص کردن یکی از دو مورد "طبق مدل" و "نامنظم" مشخص می‌گردد که از چه روشی

استفاده شده است.

لازم به ذکر است که اطلاعات بیشتر در "نحوه ارزیابی روشنایی" ذکر گردیده است.

ایستگاه = شماره ایستگاه ذکر می‌گردد. (در روش طبق مدل نام ایستگاهی مانند $p-1$, $t-1$ و... و در روش نامنظم با

شماره‌های ۱, ۲, ۳ و... مطابق با نقشه لحاظ می‌گردد.)

شدت روشنایی = میزان روشنایی بدست آمده توسط دستگاه درج می‌گردد.

حداقل شدت روشنایی = پایین‌ترین مقدار روشنایی بدست آورده نوشته می‌شود.

حداکثر شدت روشنایی = بیشترین مقدار روشنایی بدست آورده نوشته می‌شود.

متوسط شدت روشنایی = میانگین شدت روشنایی نوشته می‌شود.

استاندارد روشنایی = بر اساس استانداردهای روشنایی و نوع کار آن محل، مقدار استاندارد و نام استاندارد (منبع رجوع شده) درج می‌گردد.

تفسیر و ارزشیابی نتایج = در این قسمت که از مهمترین قسمتها می‌باشد، بر اساس شدت روشنایی بدست آمده و مقایسه آن با استاندارد، نتیجه تفسیر می‌گردد.

فرم شماره ب:

در این فرم نقاط هم‌لوکس به یکدیگر وصل می‌شوند.

فرم شماره ج:

بر اساس نیاز از این فرم استفاده می‌شود.

روشنایی عمومی (فقط) = مقدار روشنایی بدست آمده از فرم ۱ - ب در این فرم درج می‌گردد. (لازم به ذکر است که منابع نور موضعی در هنگام اندازه‌گیری شدت روشنایی عمومی باید خاموش باشند)

روشنایی کل = مجموع شدت روشنایی موضعی و عمومی درج می‌گردد.

سطح کار = منظور دقیقاً همان سطحی است که اپراتور مشغول به کار می‌باشند. مثلاً اگر فردی در روی سطح میز کار، مشغول به تمیز کاری نقطه‌ای می‌باشد که دارای شیب است سطح کار سطح نقطه می‌باشد.

ارتفاع از کار = منظور ارتفاع کار از سطح زمین است.

نوع کار = منظور کار دقیق، متوسط و غیردقیق است.

نقطه کار = در اندازه‌گیری از سطح کار (در نحوه ارزیابی ذکر شده است) نقطه‌ای که حداکثر مقدار روشنایی را از نقطه Max و نقطه‌ای که حداقل مقدار روشنایی را دارد Min و ۳ نقطه دیگر نقاط اندازه‌گیری شده دیگر در آن ناحیه می‌باشند.

تفسیر نتیجه = مقدار روشنایی بدست آمده (متوسط ۵ نقطه) با استانداردها مقایسه و نتیجه منظور گردیده و تفسیر می‌شود.

۲. نحوه ارزیابی روشنایی

تعیین متوسط روشنایی (عمومی) در سطح افق فقط ناشی از منابع نور عمومی؛

(۱) برای مکانهایی که طبق مدل ارائه شده نیستند:

الف) فضا را باید به مربعهای 0.6 m (2 ft) تقسیم‌بندی کرده و در تقاطع اقطار هر مربع اندازه‌گیری را انجام

دهیم.

ب) سطح فتوسل (Photocell) را باید در ارتفاع 760 mm (یا سطح کار عمومی کارگاه از کف به طور افقی

قرار دهیم).

(۲) بررسی مکانهایی که طبق مدل‌های ارائه شده در IES هستند از فرمول‌های ارائه شده و مدل‌بندی‌های آن استفاده

می‌شود. (تحت عنوان "مدلهای آرایش منابع روشنایی فضاها و فرمول‌های آنها" ذکر شده در همین فصل)

(۳) اندازه‌گیری روشنایی - موضعی (نقطه‌ای): در این روش کل نور رسیده به سطح کار را اندازه‌گیری می‌کنیم (نور

عمومی - نور موضعی) و در آن نکات زیر باید رعایت شود؛

الف) فتوسل (سنسور) باید در نقطه‌ای واقع شود که اپراتور عمل (دیدن) را انجام می‌دهد. (یعنی با وجود

اپراتور در محل کار، اندازه‌گیری انجام شود).

ب) سطح سنسور باید مطابق همان سطح کاری باشد که اپراتور عمل دیدن را انجام می‌دهد (افقی - عمودی -

شیبدار)

تذکر (۱) منظور از سطح کار دقیقاً سطحی که کار در آنجا انجام می‌شود، می‌باشد. مثلاً سطح یک قطعه روی

سطح میز که سطح قطعه، ناحیه اندازه‌گیری می‌باشد.

تذکر (۲) ناحیه را تقریباً به ۵ قسمت (نقطه) تقسیم کرده و اندازه‌گیری را در هر قسمت (نقطه) انجام می‌دهیم.

۳. مدل‌های آرایش منابع روشنایی فضاها و فرمول‌های آنها

شکل (۱-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با دو یا چند ردیف منابع روشنایی نقطه‌ای

$$I = [R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P] / [NM]$$

I = متوسط شدت روشنایی

N = تعداد چراغ در هر ردیف

M = تعداد ردیفها

شکل (۲-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با یک منبع روشنایی

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad I = \sum \frac{P}{r^2}$$

شکل (۳-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با یک ردیف منابع روشنایی خطی منفصل:

$$I = [Q(N-1) + P] / [N]$$

N = تعداد چراغها

شکل (۴-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با ۲ یا چند ردیف منابع روشنایی خطی متصل:

$$I = [RN(M-1) + QN + T(M-1) + P] / [M(N-1)]$$

N = تعداد چراغها در هر ردیف

M = تعداد ردیفها

شکل (۵-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با منابع روشنایی خطی متصل:

$$I = [QN + P] / [N+1]$$

N = تعداد چراغها

شکل (۶-۳): فضای دارای شکل هندسی منظم با منابع روشنایی دیواری و غیر مستقیم با سطوح (سقف و دیوار)

انعکاس دهنده:

$$I = [R(L-8)(W-8) + 8Q(L-8) + 8T(W-8) + 64P] / [WL]$$

W = تعداد چراغ در هر ردیف

L = تعداد ردیفها

توجه ۱) حروف بزرگ P, Q, R, T متوسط حروف کوچک خود می باشند.

$$P = \frac{\sum P}{N} \quad Q = \frac{\sum q}{N} \quad T = \frac{\sum t}{N} \quad R = \frac{\sum r}{N}$$

توجه ۲) هنگامی که فاصله نقطه (محل) اندازه گیری از منبع روشنایی از ۵ برابر طول منبع روشنایی بزرگتر باشد

آن منبع در آن اندازه گیری به عنوان منبع نقطه‌ای در نظر گرفته می شود.

تعاریف

۱. نور

نور از ذرات مجزایی بنام فوتون تشکیل گردیده است که از جسم نورانی ساطع گردیده و به صورت موج منتشر شده و در ورود به چشم روی عصب بینایی تأثیر می‌گذارد. انرژی تشعشی دارای طیف وسیع امواج الکترومغناطیسی است که یک قسمت کوچک از آن شامل نور مرئی است که روی چشم انسان اثر رنگ و بینایی می‌گذارد.

۲. انواع تئوری‌های نور

از نظر فیزیکی برای نور و ماهیت آن تاکنون تئوری‌های مختلفی ارائه شده است؛

۱-۲. تئوری ذره‌ای نور (Corpuscular Theory)

این تئوری بر این اصل متکی است که اجسام نورانی انرژی تشعشی را به صورت ذراتی از خود خارج می‌کنند که این ذرات در خط مستقیم و به دنبال هم خارج می‌شوند، بر شبکه چشم اثر کرده و اعصاب بینایی را تحریک می‌نمایند و در نتیجه احساس نور پدید می‌آید. [نیوتن]

۲-۲. تئوری الکترومغناطیسی (Electromagnetic Theory)

این تئوری بر اصول زیر متکی است:

۱. اجسام نورانی از خود انرژی تشعشی به صورت نور ساطع می‌کنند.
۲. این انرژی تشعشی به صورت امواج الکترومغناطیس منتشر می‌شود.
۳. امواج الکترومغناطیس بر روی شبکه چشم اثر کرده و با تحریک اعصاب بینایی سبب احساس نور می‌شود.

[ماکسول (Max Well)]

۲-۳. تئوری موجی نور (Wave Theory)

این تئوری بر اصول زیر متکی است:

۱. نور نتیجه ارتعاش مولکولی در اجسام نورانی است.
۲. این ارتعاش به صورت موجی از اتر عبور می کنند.
۳. این ارتعاشات بر روی شبکه چشم اثر کرده و در نتیجه با تحریک اعصاب بینایی احساس نور به وجود می آید.

۲-۴. در تئوری کوانتومی نور (Quantum Theory)

این تئوری شکل جدیدی از تئوری ذره‌ای است طبق این نظر انرژی چشم نور به صورت پیوسته نبوده، بلکه به طور ناپیوسته گسیل می شود به گونه‌ای که هر چه فرکانس ارتعاش نور بیشتر باشد مقداری انرژی بیشتر است.

$$E = \gamma \cdot h$$

γ : فرکانس ارتعاش

E : انرژی یکی از ذره‌های فوتون

۲-۵. تئوری بقای حرکت نور (Unified Theory)

این تئوری دارای اصول زیر است:

۱- هر جرم کوچک متحرک از ماده با خودش موجی را همراه دارد که طول موج آن از رابطه $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ بدست

می آید.

m : جرم ماده

v : سرعت ذره در حال حرکت

λ : طول موج

h : ضریب ثابت پلانک

۲- همزمان امکان ندارد که تمام خواص آن را تعیین کرد و گفت که ذره‌ای یا موجی است.

۳. خصوصیات تشعشعات الکترومغناطیسی

نور مرئی یعنی قسمتی از تشعشع که به وسیله چشم ما به صورت نور احساس می شود. تشعشعات مرئی دارای دو

خاصیت مهم است؛

الف) قابلیت رؤیت است.

ب) رنگ که بستگی به طول موج اشعه دارد و هر طول موجی به رنگی دیده می شود. (جدول (۱-۲))

جدول (۱-۲)

طول موج (انگسترم A_0)	رنگ
۳۸۰۰-۴۲۰۰	بنفش
۴۲۰۰-۴۶۵۰	آبی
۴۶۵۰-۵۶۶۰	سبز
۵۶۶۰-۵۸۶۰	زرد
۵۸۶۰-۶۲۷۰	نارنجی
۶۲۷۰-۷۶۰۰	قرمز

۴. شدت روشنایی

میزان توان نور تابیده شده بر واحد سطح را شدت روشنایی می گویند و واحد آن لوکس است. شدت روشنایی با عکس مجذور فاصله از منبع روشنایی کاهش می یابد. یعنی با دو برابر شدن فاصله از منبع روشنایی، شدت روشنایی یک چهارم می گردد.

۵. منابع روشنایی

بهترین منبع روشنایی طبیعی (روشنایی روز) می باشد و پس از آن روشنایی مصنوعی است که در صورت نبودن روشنایی طبیعی از آن استفاده می شود.

۶. مقیاس و واحدها

۶-۱. شار تشعشی (Radiation Flux)

عبارتست از کل توان تشعشعات الکترومغناطیسی که از یک جسم خارج شده و یا جسمی دریافت نموده است که شامل اشعه مرئی و غیرمرئی می‌باشد و واحد اندازه‌گیری آن وات (ϕ_e) است مقداری از این شار تشعشی را که در بازتاب رؤیت ($4000A^\circ$ تا $7000A^\circ$) قرار دارد شار نورانی یا جریان نوری می‌نامند (Luminous Flux). به عبارت دیگر شار نورانی آن قسمت از توانی است که جسم نورانی تشعشع می‌کند و به وسیله چشم به صورت نور احساس می‌شود. چنانکه گفته شده کلیه تشعشعات به وسیله چشم قابل رؤیت نمی‌باشند و با توجه به منحنی حساسیت چشم فقط قسمتی از تشعشعات الکترومغناطیسی قابل رؤیت هستند.

۶-۲. لومن (Lumen)

واحد اندازه‌گیری جریان نور (ϕ_v) است که هر لومن از نظر عددی برابر $\frac{1}{680}$ در طول موج $555A^\circ$ می‌باشد و برابر جریان نوری است که از یک منبع نورانی نقطه‌ای شکل به شدت یک شمع استاندارد و در زاویه فضایی به اندازه یک استرادیان منتشر می‌شود. به عبارت دیگر لومن مقدار نوری است که سطح یک فوت مربع را به شدت یک فوت کندل روشن می‌کند. در حقیقت باید سطح مذکور کروی باشد تا فاصله تمام نقاط آن از منبع روشنایی به یک اندازه شود.

۶-۳. فوت کندل (Foot-Candle)

عبارتست از مقدار نوری که از یک شمع استاندارد در فاصله یک فوتی به سطحی به وسعت یک فوت مربع که

$$\text{عمود بر مسیر تابش باشد، می‌تابد.} \quad \text{یک لومن} \\ \text{یک فوت مربع} = \text{فوت کندل}$$

۶-۴. شمع استاندارد

منبع نوری است که به وسیله قرار دادن یک لوله از جنس اکسید توریم در داخل ظرف محتوی پلاتین در حال ذوب شدن ایجاد می‌گردد. مقدار نوری که از انتهای این لوله خارج می‌گردد برابر مقدار استاندارد شده یک کاندلا منظور

شده و به عنوان مبنا و واحد شدت نور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۶. زاویه فضایی (W)

قسمتی از فضا که به وسیله یک مخروط محدود شده و جزئی از جریان نور منبع در آن پخش می‌شود، زاویه فضایی نام دارد و واحد آن، استرادیان یا استرادیان (ST) است. به عبارت دیگر هرگاه بر روی کره‌ای به شعاع یک متر و مساحت یک متر مربع جدا کرده و از لبه‌های این سطح بر مرکز کره وصل کنیم زاویه حجمی که بدین طریق در مرکز کره به وجود می‌آید یک استرادیان (رادیان فضایی) است. بنابراین هرگاه در مرکز این کره منبعی به شدت یک کاندلا باشد، جریان نورانی داخل این زاویه یک لومن است. پس اگر روی لامپی جریان نورانی آن نوشته شده باشد، چون این جریان در تمام جهات است، برای تعیین مقدار قطر آن در یک رادیان فضایی باید آن را به 4π تقسیم نمود، زیرا زاویه اطراف یک نقطه 4π رادیان فضایی است.

۶-۶. مجموع جریان نور

مجموع جریان نور یک منبع عبارت است از توان نوری که در تمام فضا منتشر می‌شود و می‌توان با استفاده از وسایل مخصوص (جاب - آباژور - نورافکن و غیره) زاویه تشعشع آن را متناسب با مصرف محدود کرد.

۷-۶. شدت نور (Luminous Intensity)

شدت نور عبارت است از تراکم شار نوری در فضا و یا خارج قسمت شار نوری به زاویه فضایی در صورتیکه شار نوری به طور یکنواخت پخش شود. شدت نور از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

۸-۶. واحد شدت نور

هرگاه در واحد زاویه فضایی (یک استرادیان) جریان نور یک لومن داشته باشیم شدت نور در این زاویه فضایی یک شمع یا کاندلا (cd) خواهد بود.

کاندلا: شدت نور منتشر از یک روزنه با مساحت $\frac{1}{6}$ سانتی‌متر مربع در امتداد عمود بر سطح روزنه است، در صورتیکه

(لومن)

تابش از این روزنه بر طبق تابش یک تابنده کامل (جسم سیاه) در درجه حرارت انجماد پلاتین انجام گیرد.

(وات)

ضریب بهره نوری تشعشعات (K) = خارج قسمت شار نوری قابل رؤیت به شار تشعشعی: $K = \frac{\phi}{\phi_e}$

هنگامی که کلیه تشعشعاتی که از جسم نورانی خارج می شود در فاصله زرد - سبز با طول موج ۵۵۵ نانومتر قرار داشته باشد ضریب بهره نوری تشعشعات حداکثر خود را دارا بوده که از طریق تجربی حدود ۶۸۰ وات/لومن می باشد. برای طول موجهای دیگر مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید. $K\lambda = ۶۸۰ \cdot \mathcal{V}(\lambda)$ که $\mathcal{V}(\lambda)$ حساسیت چشم است و برای طول موجهای مختلف از منحنی حساسیت چشم بدست می آید.

۹-۶. درخشندگی (لومینانس) (Luminance)

تمام اجسام وقتی برای چشم ما مرئی می شوند که تشعشع کنند. خواه خود نورانی باشند یا نوری که روی آنها می تابد منعکس کنند. درخشندگی عبارت است از خارج قسمت شدت نور به سطحی که نور را منتشر می کند و برای سطوح تابش، نور صفت مهمی محسوب می شود. به عبارت دیگر نور منعکس شده یا منتشر شده از جسم را درخشندگی (L) می نامند و یکی از پارامترهای مهم صنایع روشنایی، درخشندگی (تراکم نور) منبع نور است که باید از نظر چشم زدگی مورد توجه قرار گیرد و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$$

L : درخشندگی
 I : شدت نور
 A : سطح نورانی
 α : زاویه تابش

درخشندگی یک سطح را نباید با شدت روشنایی روی آن سطح اشتباه گرفت. سطح یک میز از چراغی که بالای آن آویزان شده است، شدت روشنایی کاملاً معینی دریافت می کند. هرگاه روی آن یک رومیزی سفید و پس از آن یک رومیزی سیاه قرار دهیم سطح میز در حالت اول کاملاً روشن و در حالت دوم تیره به نظر می رسد زیرا تراکم نور آن سطح فوق العاده تغییر می کند و در رومیزی سفید خیلی زیاد است، چون تقریباً ۸۰٪ نور را منعکس می کنند، رومیزی سیاه بر عکس بیشتر نوری را که روی آن می تابد جذب می کند و مقدار خیلی کمی از آن را منعکس می کند به این جهت تراکم نور آن خیلی کم است و تیره به نظر می رسد. برای قضاوت اینکه یک منبع نوری مناسب باعث چشم

زدگی می شود یا خیر فقط تراکم نور آن مطرح می باشد و درخشندگی یک سطح مات که نور را در تمام جهات به

طور یکسان منعکس می کند از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$L = p \frac{E}{\Pi}$$

P : ضریب انعکاس سطح E : روشنایی سطح بر حسب لوکس

جدول (۲-۲): مقادیر پیشنهادی بازتاب برای سطوح مختلف (L. E. S)

سطوح	درصد بازتاب
سقف	۸۰-۹۰
دیوار	۴۰-۶۰
سطح ماشین آلات تجهیزات و میز و صندلی	۲۵-۴۵
کف	کمتر از ۲۰ درصد

۱۰-۶. شدت روشنایی یا لومینانس (Illumination)

شدت روشنایی روی یک سطح عبارت است از نسبت جریان نوری به اندازه سطحی که به طور عمود بر آن می تابد،

که به صورت رابطه زیر بیان می گردد:

$$E = \frac{\phi}{A}$$

(لومن)
(متر مربع)

هرگاه نقطه ای از چند منبع نور دریافت کند روشنایی آن برابر با مجموع روشنایی های حاصل از تمام منابع می باشد یعنی

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n$$

یکی از مهمترین عوامل روشنایی یک سطح، فاصله آن از منبع و طرز قرار گرفتن آن می باشد.

مقدار روشنایی یک سطح عمود بر جهت اشعه، نسبت مستقیم با شدت منبع نورانی و نسبت معکوس با مجذور فاصله

آن سطح از منبع نور دارد.

در صورتیکه اشعه نور به طور عمودی بر روی سطح نتابد زاویه تابش نیز باید در نظر گرفته شود. زیرا روشنایی یک

سطح با کسینوس زاویه تابشی نسبت مستقیم دارد.

$$E = \frac{I}{d^2} \cos B$$

I : شدت نور منبع نورانی

E : مقدار روشنایی

B : زاویه تابش

D : فاصله صفحه تا منبع

جدول (۲-۳): ضریب انعکاسی رنگ‌ها

ضریب انعکاس (درصد)	نوع رنگ	ضریب انعکاس (درصد)	نوع رنگ
۵۸	نخودی روشن	۹۰-۹۲	گچ کاری سفید
۴۷	سبز روشن	۷۵-۹۰	سفید مات
۴۹	خاکستری روشن	۷۴	کرم روشن
۳۶	آبی کمرنگ	۶۷	سرخ روشن
۳۰	خاکستری کمرنگ	۶۵	زرد روشن
۱۳	قرمز	۶۱	آبی روشن

۶-۱۱. درجه حفاظت لامپ‌ها (IP)

لامپ‌هایی که برای روشنایی به کار می‌روند باید بر اساس استانداردهای تعیین شده حفاظتی باشند، زیرا هر کدام از آنها برای کار در شرایط به خصوصی ساخته شده‌اند و به منظور حفاظت در مقابل صدمات شخص نسبت به محل مورد استفاده به طور استاندارد تهیه می‌شوند. به عنوان مثال برای حفاظت در مقابل رطوبت، گرد و غبار، پوسیدگی و یا خطرات انفجار، برای منابع روشنایی طبقه بندی مختلفی بر اساس حفاظت در برابر اتصال بدنه، حفاظت در برابر تماس قسمتهای برق دار، حفاظت در مقابل ورود اجسام خارجی و گرد و غبار و حفاظت در برابر آب و وجود دارد که درجه حفاظت را با علایمی از قبیل (EX) یا IP₄₄ (International Protection) معرفی می‌نماید که در صفحات آینده بعضی از این علایم استاندارد آمده است. (هر استاندارد علامت مشخصی را ذکر کرده است).

هر کدام از اعدادی که در کنار IP نوشته می شود مفهوم ویژه ای را بیان می کند. عدد اول از سمت چپ بیانگر درجه حفاظت منابع نوری در برابر تماس با قسمتهای برق دار و در مقابل ورود گرد و غبار و اجسام به داخل آنها می باشد و عدد دوم بیانگر درجه حفاظت در مقابل آب است.

به عنوان مثال:

لامپهای ضد گرد و غبار IP67 برای استفاده در محیطهایی ساخته می شود که در آنجا گرد و غبار تحت فشار وجود دارد و قابل استفاده در جایی است که گرد و غبار خطر آفرین است.

طراحی و ساخت لامپهای IP22 به طریقی می باشد که قادرند در محل نصب خود ریزش قطرات آب را تحمل کنند، همچنین در شرایطی که احتمال شعله ور شدن گاز یا هوای قابل اشتعال وجود دارد باید از وسایل نوری استاندارد شده در مقابل گازها و یا مواد قابل احتراق استفاده نمود که در اینگونه محیطها از لامپها و تجهیزات نوری با علامت استفاده می شود. (EX)

مشخصات و درجه حفاظت منابع نوری استاندارد (IEC144 و DIN40050)


جدول (۲-۴): IP اول


درجه حفاظت لامپها	IP اول
هیچگونه حفاظتی در مقابل قسمتهای برق دار و یا متحرک داخل محفظه و همچنین در برابر ورود اجسام به داخل آن وجود ندارد.	۰
در مقابل تماس های اتفاقی یا غیر عمدی با قسمتهای برق دار یا متحرک، منبع نوری حفاظت شده ولی به طور عمدی و با اراده می توان به قسمتهای برق دار و یا متحرک آن دست زد، به طور کلی در برابر ورود اشیای با قطر بزرگتر از ۵۰ میلی متر حفاظت شده است.	۱
قسمت های برق دار یا متحرک داخل منبع در مقابل انگشت و به عبارت دیگر در برابر ورود اشیای با قطر بزرگتر از ۱۲ میلی متر حفاظت شده است.	۲
قسمتهای برق دار یا متحرک داخل منبع نوری در مقابل ورود ابزار، سیم و اشیای با قطر بیش از ۲/۵ میلی متر حفاظت شده است.	۳
قسمت های برق دار و یا متحرک داخل منبع در برابر ورود اجسام خارجی با قطر بیش از یک میلی متر حفاظت شده است.	۴
در مقابل تماس با قسمتهای برق دار یا متحرک منبع کاملاً حفاظت شده است و منفذهای ورود گرد و غبار داخل آن به کامل مسدود نشده است ولی گرد و غباری که وارد آن می شود باعث اختلال در سیستم داخلی و عملکرد آن نمی شود.	۵
قسمتهای برق دار و یا متحرک داخل منابع در برابر تماسهای خارجی و ورود گرد و غبار به داخل آن کاملاً حفاظت شده است.	۶
منابع نوری هیچگونه حفاظتی در برابر آب ندارند.	۷

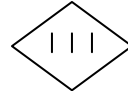
جدول (۲-۵): IP دوم

درجه حفاظت لامپها	IP دوم
منابع نوری هیچگونه حفاظتی در برابر آب ندارند.	۰
منبع نوری در برابر قطرات متراکم شده که به طور قائم و از بالا بر روی حباب آن می ریزد، محافظت شده است.	۱
منبع در مقابل قطرات مایعاتی که به طور قائم و یا با زاویه ۱۵ درجه نسبت به خط قائم به بدنه آن برخورد می کنند، محافظت شده و خطر جدی به وجود نمی آید.	۲
منبع در مقابل باران که به طور قائم یا زاویه ۶۰ درجه نسبت به خط قائم به بدنه آن برخورد می کند، محافظت شده است.	۳
منبع نوری در برابر پاشیدن آب از هر جهت به بدنه آن، محافظت شده است.	۴
منبع در برابر پاشیدن آب با فشار از هر جهت به بدنه آن در شرایط معین حفاظت شده و خطری جدی برای آن وجود ندارد.	۵
منبع در مقابل موقعیت خاص عرشه کشتیها حفاظت شده و در این شرایط آب وارد آن نمی شود.	۶
منبع در برابر غوطه ور شدن در آب حفاظت شده و وقتی در داخل مایع غوطه ور است در فشار معین مایع و زمان معین آب وارد آن نمی شود.	۷
منبع در مقابل غوطه ور شده در آب در زمان نامحدود حفاظت شده است و وقتی در عمق معینی از آب قرار می گیرد برای زمان نامحدود آب وارد آن نمی شود.	۸


همچنین از نظر حفاظت در برابر اتصال بدنه، منابع نوری را به سه دسته زیر تقسیم می کنند:


دسته اول: با علامت  مشخص شده اند. این منابع باید در محلی که نصب می شوند سیم اتصال به زمین به بدنه آن در زیر پیچ مخصوص اتصال داده شود.

دسته دوم: با علامت  مشخص شده اند. در این منابع سیم اتصال به زمین به بدنه آنها اتصال دارند.


دسته سوم: با علامت  مشخص شده اند. این منابع نوری قابل حمل بوده و منحصرأ برای ولتاژهای پایین و بی خطر (پایین تر از ۲۴ ولت) ساخته می شوند.

علایم دیگر عبارتند از:

 لامپهای ضد انفجاری هستند که در محلهایی با گاز قابل انفجار نصب می شوند و در مقابل ورود گازهای به داخل آن به طور کامل حفاظت شده اند، همچنین اگر جرقه ای در داخل لامپ به علت اتصالی سیمها ایجاد شود دیگر با محیط خارج تماس ندارند.

 منابع نوری با این علامت برای محلهایی که دیوار و سقف آنها از اجسام قابل اشتعال ساخته شده اند، مورد استفاده قرار می گیرد، مانند سالن هایی که با سقف چوبی ساخته شده اند.

لامپ‌هایی که با این علامت مشخص شده‌اند برای محل‌های خشک یا مرطوب است که مواد قابل اشتعال در مجاورت در مجاورت لامپ قرار گرفته‌اند و احتمال آتش‌سوزی برای آنها وجود دارد، مانند انبار کاغذ و منسوجات، کارخانجات چوب، انبار گاه و علوفه خشک و غیره و با حداقل حفاظت IP 50 برای محل‌های خشک و IP 54 برای محل‌های مرطوب استفاده می‌شود.

علامت  با حرف N یا G: لامپهایی که با این علامت مشخص شده‌اند، دارای خازن مخصوص موازی با مدار لامپ بوده و اختلالی در سیستم رادیویی ایجاد نمی‌کنند (پارازیت ایجاد نمی‌کنند).

۷. انواع سیستم‌های روشنایی

کمیت و کیفیت مناسب روشنایی ممکن است از هریک از چند نوع سیستم روشنایی به دست می‌آید. انتخاب نوع منابع روشنایی برای محیط‌های کاری با توجه به خصوصیات فیزیکی آنها و نوع کار می‌باشد. روشنایی می‌تواند از طریق نور طبیعی، مصنوعی و یا ترکیبی از آنها تأمین شود اگر چه از جنبه‌های فیزیولوژیکی نظریه روشنایی طبیعی قابل قبول است ولی مقدار این نوع روشنایی گاهی اوقات در محیط‌های کاری برای انسانها کم است و بدین منظور از روشنایی مصنوعی استفاده می‌شود. در بعضی از مواقع با توجه به مسائل اقتصادی، ساختمانی ساخته می‌شود. که به هیچ وجه در آن امکان استفاده از روشنایی طبیعی مقدور نمی‌باشد. همچنین روشنایی طبیعی ممکن است برای محیط‌هایی که باید یک ماده و رطوبت ثابت داشته باشد امکان‌پذیر نباشد و یا برای کارگاه‌هایی که به یک روشنایی ویژه نیاز داشته کافی و مناسب نیست از طرف دیگر چون امروزه اداره‌ها و کارخانجات و تأسیسات بزرگ و چندین طبقه قرار دارند، نور طبیعی سهم زیادی در روشنایی داخل آنها ندارد و نور مصنوعی جایگزین نور طبیعی شده است.

استفاده توأم از مصنوعی و طبیعی مسائل خاصی را به وجود می‌آورد، زیرا بعضی از نورهای مصنوعی هماهنگی خوبی با نور طبیعی دارند و بعضی دیگر اصلاً هماهنگی ندارند. اما در صورتی که نور طبیعی نامناسب نباشد می‌تواند در

مواردی مکمل نور مصنوعی گردد. بنابراین در ذیل سعی گردیده است تا درباره ویژگی‌ها و اصول صحیح کاربرد

آنها در کارگاه‌ها بحث شود.

۱-۷. روشنایی مصنوعی (Artificial Illumination)

طراحی روشنایی با توجه به شرایط خاصی صورت می‌پذیرد که رعایت اصول زیر برای تأمین روشنایی از طریق مصنوعی ضروری است:

۱. مقدار روشنایی برای هر شغلی باید به اندازه کافی و ثابت باشد.

۲. روشنایی مصنوعی باید به قسمی باشد که به نور طبیعی شبیه و نزدیک باشد.

۳. روش تابانیدن نور نباید به نحوی باشد که ایجاد چشم زدگی نماید. به عبارت دیگر نباید نور منبع روشنایی مستقیم به چشم بتابد.

روشنایی مصنوعی باید به نحوی پخش شود که همه جا را روشن کند و محل تاریک یا سایه‌ای مشخص ایجاد نکند که سبب خستگی چشم شود.

از قرار دادن اجسام و سطوح صیقلی که باعث انعکاس نور شده و چشم زدگی را ایجاد کرده باید خودداری شود.

روشنایی مصنوعی خود به چند بخش تقسیم می‌شود:

✓ سیستم روشنایی مستقیم (Direct)

✓ سیستم روشنایی غیر مستقیم (Indirect): که در این روش ۹۰-۱۰۰٪ بازده منابع نوری به طرف سقف یا قسمتهای بالایی دیوارها هدایت می‌شود.

✓ سیستم روشنایی نیمه مستقیم (Semi Direct): در این طریق ۹۰-۶۰٪ نور به طرف محل کار و ۴۰-۱۰٪ آن به سمت سقف می‌تابد ابتدا روشنایی سطح کار توسط منبع به طور مستقیم بدست می‌آید و قسمتی از نور که به طرف سقف هدایت می‌شود پس از انعکاس، یک نور نسبتاً کم غیر مستقیم را به وجود می‌آورد.

✓ روشنایی نیمه غیرمستقیم (Semi Indirect): در این سیستم حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد نور به سمت سقف و ۱۰ تا ۴۰ درصد به طرف پایین می‌تابد. نور نیمه غیرمستقیم به علت اینکه نور متعادل شده‌ای به سمت سطح کار هدایت می‌کند سودمندی بیشتری از سیستم روشنایی غیرمستقیم دارد.

✓ سیستم روشنایی مختلف (مستقیم و غیرمستقیم) یا انتشار عمومی (Diffuse or Direct – Indirect)

(General): در این روش ۶۰-۴۰ درصد نور به طرف سقف و حدود ۶۰-۴۰ درصد به سمت پایین هدایت

می‌شود می‌توان گفت روشنایی تقریباً به طور مساوی به طرف بالا و پایین می‌رسد و روش مطلوبی است.

۱-۱-۷. روشهای توزیع روشنایی (Distribution of Light Methods):

روشنایی تولید شده توسط هر یک از پنج نوع سیستم روشنایی فوق براساس توزیع نور در یک محیط طبقه بندی می‌شود. توزیع روشنایی در کارگاه‌ها به سه روش عمومی، موضعی یا اختصاصی، تکمیلی و حفاظتی انجام می‌گیرد و بستگی به محل قرار گرفتن تجهیزات و خصوصیات توزیع نور دارد.

الف) روشنایی عمومی

هدف روشنایی عمومی توزیع مطلوب روشنایی در تمام قسمتهای داخلی محیط کار می‌باشد. این روش دارای دو امتیاز ویژه است اول اینکه کارگر به آزادی می‌تواند جای خود را در جهات مختلف ماشینی بدون ترس از ایجاد سایه انتخاب کند و دیگر اینکه امکان ایجاد تغییرات مورد نیاز را در طرح فراهم می‌نماید.

در کارگاه‌ها فاصله دقیق بین منابع نوری با تقسیم طول کارگاه (L) به تعداد منابع موجود در یک ردیف (N)

به دست می‌آید. $\frac{L}{N}$ و به همین ترتیب فاصله بین ردیف‌های منابع نوری از تقسیم عرض کارگاه (W) به تعداد

ردیفها (R) بدست می‌آید.

($\frac{W}{R}$)، همچنین فاصله اولین منبع یا دیوارها و اولین ردیف با دیوارها باید به اندازه نصف فاصله‌های تعیین

$$\left(\frac{W}{2R}, \frac{L}{2N}\right)$$

شده فوق باشد.

ب) روشنایی موضعی

در مواردی که ماشینهای بزرگ روی کار خودشان سایه ایجاد می‌نمایند تأمین روشنایی مناسب اضافی به صورت موضعی و نیز رنگ آمیزی قسمتهای داخلی با رنگهای روشن ضروری خواهد بود.

۲-۷. روشنایی طبیعی (Natural Light)

با توجه به پیشرفت‌هایی که در امر تأمین روشنایی به طریق مصنوعی شده است هنوز استفاده از روشنایی طبیعی روز برای واحدهای صنعتی و غیرصنعتی دارای اهمیت زیادی می‌باشد ولی استفاده از نور طبیعی (نور روز) همیشه امکان‌پذیر نیست، چون مقدار آن در تمام فصول سال در ساعات مختلف روز متغیر می‌باشد.