



دوره آموزشی نگهداری و تعمیرات نورپردازی و روشنایی معايير

سازمان جهاد دانشگاهی استان یزد
معاونت آموزش و کارآفرینی



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه

در طی طول عمر تاسیسات روشنایی، نور چراغ‌ها به شکلی تصاعدی کاهش می‌یابد. نرخ این کاهش، تابعی از شرایط محیطی، نحوه عملکرد و عمر تجهیز می‌باشد. بنابراین در طراحی روشنایی باید این افت را به گونه‌ای مدل کرد. به همین منظور در طراحی سیستم‌های روشنایی این کار با استفاده از ضریب نگهداری انجام می‌شود. این ضریب هر چه بزرگتر بوده و به یک نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده اختلاف کوچکتر بین حداقل و حداکثر روشنایی معبر می‌باشد. به همین دلیل باید در طول زمان بهره‌برداری، کاهش نور تاسیسات روشنایی را با اجرای برنامه‌های تعمیر و نگهداری مناسبی که مشتمل بر نظافت چراغ‌ها و تعویض لامپ‌ها می‌باشد، کمتر نمود تا این ضریب بزرگتر باشد. در این برنامه علاوه بر تعویض لامپ‌ها و نظافت چراغ‌ها، جایگزینی قطعات معیوب، بررسی واشرها و تجهیزات نوری و نظارت بر تاسیسات روشنایی نیز انجام می‌شود.

البته در خصوص نظافت چراغ‌ها لازم به ذکر است که با انجام آن هرچند استهلاک برخی از اجزای چراغ کاهش می‌یابد، اما استهلاک برخی دیگر از اجزای آن دائمی بوده و به مرور زمان حتی بیشتر نیز می‌شود. این نرخ استهلاک به کیفیت مواد اولیه و درجه حفاظت (IP) چراغ بستگی دارد. به همین دلیل گاهی برای بهبود عملکرد نوری چراغ، سیستم نوری و یا حتی کل آن تعویض می‌شود.

در خصوص تعویض لامپ‌ها نیز روش‌های مختلفی وجود دارد. انتخاب روش مناسب برای انجام این کار با مقایسه هزینه تعویض لامپ‌های سوخته با هزینه تعویض گروهی آنها صورت می‌پذیرد.

به همین دلیل در این فصل، فاکتورهای مختلف موثر بر کاهش نور تجهیزات معرفی می‌شود و داده‌های اندازه‌گیری شده تجربی در اختیار کاربر قرار می‌گیرد تا به کمک آن‌ها بتواند ضرایب نگهداری انواع سیستم‌ها را استخراج نماید. ضرایب نگهداری استخراج شده باید در محاسبات طراحی روشنایی استفاده شوند. در این فصل همچنین روش‌هایی برای تخمین دوره‌های زمانی تعمیر و نگهداری اقتصادی و توصیه‌هایی برای تکنیک‌های نظافت تجهیزات بیان می‌شود. با توجه به این که در روشنایی معابر، سازه‌های مکانیکی پایه‌ی چراغ از اهمیت قابل توجهی در عملکرد کل تاسیسات برخوردار بوده و دارای فاکتورهای ایمنی مهم مربوط به خود می‌باشد، در این فصل تعمیرات و نگهداری آن پوشش داده شده است. با توجه به ملاحظات کاری و محیطی، نگهداری و تنظیم صحیح چراغ نیز یک فاکتور مهم در این زمینه می‌باشد که در این فصل توضیحات لازم برای آن ارائه می‌شود.

۱-۱۲- تعاریف

۱-۱-۱۲- ماده شستشو

ماده‌ای که برای زدودن آلودگی استفاده می‌شود.

۱-۱-۱۲- تعویض گروهی لامپ‌ها

تعویض تعداد زیادی از لامپ‌ها در یک زمان مشخص در تاسیسات روشنایی.

۱۲-۱-۳- شدت روشنایی اولیه

شدت روشنایی متوسط اولیه لامپ بر روی یک سطح مرجع، هنگامی که سیستم تازه نصب شده و سطوح تمیز می‌باشند.

۱۲-۱-۴- شار نوری اولیه

شار نوری که بعد از ۱۰۰ ساعت کارکرد لامپ در شرایط مرجع اندازه‌گیری می‌شود.

۱۲-۱-۵- کد IP

درجه حفاظت محفظه داخلی چراغ در مقابل ورود گرد و غبار و رطوبت.

۱۲-۱-۶- حداقل مقدار مجاز درخشندگی/شدت روشنایی

شدت روشنایی/درخشندگی متوسط بر روی سطح مرجع که مقدار پایین‌تر از آن مجاز نیست و باید عملیات نگهداری در این شرایط انجام شود.

۱۲-۱-۷- دوره تناوب نگهداری

فاصله زمانی تعویض لامپ‌ها و/یا تمیز کردن لامپ‌ها و چراغ‌ها

۱۲-۱-۸- متوسط عمر نامی لامپ

متوسط دوره زمانی که بعد از آن، ضریب بقای لامپ در شرایط مرجع به پایین‌تر از ۵۰٪ می‌رسد.

۱۲-۱-۹- تعویض نقطه‌ای (لامپ‌ها)

تعویض تکی لامپ‌هایی که سوخته‌اند.

۱۲-۱-۱۰- ضریب نگهداری لومن لامپ (LLMF)

نسبت شار نوری خروجی لامپ پس از زمان مشخص در طول عمر لامپ به شار نوری اولیه آن. برای لامپ‌های تخلیه‌ای، شار نوری اولیه آنها معمولاً پس از ۱۰۰ ساعت تعیین می‌شود.

۱۲-۱-۱۱- ضریب بقاء لامپ (LSF)

کسری از تعداد کل لامپ‌ها که در طی یک زمان مشخص و تحت شرایط و فرکانس کلیدزنی مشخص به کار خود ادامه می‌دهند.

۱۲-۱-۱۲- ضریب نگهداری چراغ (LMF)

نسبت مقدار نور خروجی از چراغ پس از زمان مشخص به مقدار نور خروجی اولیه آن.

۱۲-۱-۱۳- ضریب نگهداری (MF)

نسبت بین مقدار درخشندگی/شدت روشنایی منبع نور پس از زمان مشخص به درخشندگی/شدت روشنایی اولیه آن.

۱۲-۱-۱۴- ضریب نگهداری سطح (SMF)

نسبت قابلیت بازتاب نور از سطح در یک زمان مشخص به قابلیت بازتاب اولیه آن.

۱۲-۲- معرفی ضریب نگهداری

درخشندگی/شدت روشنایی اولیه‌ای که توسط تاسیسات روشنایی فراهم می‌شود، در طی طول عمر تاسیسات روشنایی رفته‌رفته کاهش می‌یابد. جهت اعمال کردن این کاهش در طراحی، از "ضریب نگهداری" استفاده می‌شود که به شکل زیر تعریف می‌گردد:

نسبت درخشندگی/شدت روشنایی متوسط در یک سطح مشخص بعد از یک دوره زمانی بکارگیری یک تجهیز روشنایی، به درخشندگی/شدت روشنایی متوسط بدست آمده تحت همان شرایط برای همان تجهیز در هنگام نو بودن آن را "ضریب نگهداری" گویند. عبارت "ضریب استهلاک" برای مقدار عکس این عبارت استفاده می‌شود.

البته لازم به ذکر است که در طراحی روشنایی، یکی از معیارها حداقل مقدار درخشندگی/شدت روشنایی متوسط در معبر بوده که با فرض انجام برنامه تعمیرات و نگهداری در «دوره زمانی مشخص» و با اعمال ضرایب نگهداری حاصل می‌گردد. اما در مورد فاکتورهای مربوط به خیرگی و نور مزاحم (مانند TI)، طراحی روشنایی با مقادیر اولیه (حداکثر) پارامترها صورت پذیرفته و در نتیجه ضریب نگهداری برای آن اعمال نمی‌گردد.

۱۲-۳- اهمیت و لزوم نگهداری تجهیزات روشنایی معابر

تمامی طرح‌های روشنایی با گذشت زمان از لحظه بهره‌برداری به صورت تصاعدی کم نور می‌شوند. این کاهش نور عمدتاً یا به خاطر تجمع گرد و خاک و کثیفی بر روی تمامی سطوح لامپ‌ها و چراغ‌های در معرض آلودگی‌ها بوده که باعث کاهش شفافیت یا قدرت بازتاب نور می‌شود و یا به دلیل تنزل در شار نوری خروجی لامپ و نقص عملکرد آنها می‌باشد. به همین دلیل در صورت جلوگیری نکردن از این مسائل، نور خروجی لامپ‌های موجود در تاسیسات بسیار کم شده و روشنایی مربوطه ضعیف خواهد شد (شکل (۱۲-۱)). این کاهش نور از آنجا که به صورت تدریجی می‌باشد، ممکن است فوراً قابل تشخیص نباشد، اما کاهش تدریجی آن با گذشت زمان، مشکلاتی را برای کاربران معابر مجاور سیستم روشنایی ایجاد می‌کند.

به همین دلیل برای داشتن یک سیستم روشنایی کارآمد، نگهداری صحیح این سیستم ضروری است. این سیستم‌های روشنایی نه تنها باید به شکل صحیح و کامل تمیز شوند، بلکه نظافت آن‌ها باید در بازه‌های زمانی مرتب انجام شود. یک برنامه نگهداری که به خوبی طراحی شده باشد، درخشندگی/شدت روشنایی نور موردنظر را حفظ می‌کند، هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملکردی را کاهش می‌دهد و باعث عملکرد ایمن سیستم شده و امنیت و رضایت بخشی را برای مصرف‌کنندگان تضمین می‌نماید.

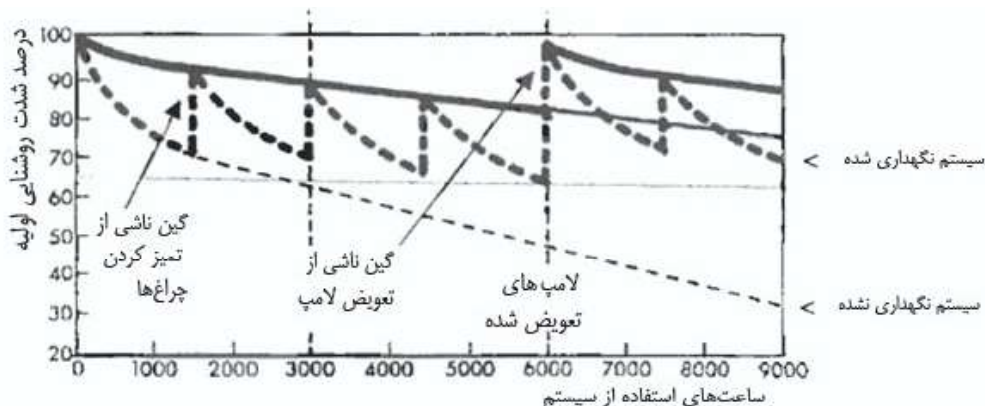
با این وجود، حتی با داشتن یک برنامه نگهداری که به خوبی طراحی و به کار گرفته شود، مقداری اتلاف نور به خاطر تضعیف تجهیزات با گذشت زمان بوجود خواهد آمد. این اتلاف باید در زمانی که طرح روشنایی انجام می‌گیرد تخمین زده شده و به صورت یک ضریب در قالب ضریب نگهداری در محاسبات طراحی روشنایی لحاظ شود. همچنین در طراحی روشنایی معابر واقع در تونل‌های محل عبور عابرین پیاده، وسایل نقلیه و یا زیرگذرها، به دلیل تاثیر آلودگی دیوارها و سقف در میزان روشنایی، فاصله زمانی تمیز کردن آنها نیز مهم بوده و می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

۱۲-۴- عوامل مؤثر بر ضریب نگهداری

عوامل مختلفی موجب کاهش نور خروجی سیستم روشنایی می‌شوند. این عوامل به دو دسته استهلاک غیر قابل بازیابی و قابل بازیابی تقسیم می‌شوند.

عوامل استهلاک غیر قابل بازیابی نظیر طول عمر، ویژگی ذاتی سیستم روشنایی و محیط آن می‌باشند و با نگهداری معمولی، این استهلاک بهبود نیافته و یا ترمیم آن اقتصادی نمی‌باشد. به همین دلیل در مرحله تعیین خصوصیات یک سیستم روشنایی، این عوامل در برنامه تعمیر و نگهداری در نظر گرفته می‌شوند. همچنین اثر سایر عوامل نظیر ولتاژ، فرکانس، دما و بالاست، که دائمی و مهم می‌باشند باید در مرحله طراحی تخمین زده شده و در محاسبات لحاظ گردند. از اثر اتفاقات تصادفی نیز مشروط بر عدم ایجاد اختلال در عملکرد سیستم روشنایی می‌توان چشم‌پوشی نمود.

عوامل استهلاک قابل بازیابی نیز مانند نگهداری لومن لامپ، میزان بقای لامپ و نگهداری چراغ می‌باشند که در طی برنامه نگهداری معمولی و با عوض کردن لامپ‌ها، نظافت و تعویض اجزای سیستم روشنایی بهبود می‌یابند. به عنوان مثالی از نحوه ترمیم عوامل استهلاک قابل بازیابی در یک برنامه نگهداری می‌توان به شکل (۱۲-۱) اشاره کرد. در این شکل به وضوح مشخص می‌گردد که در یک سیستم روشنایی نگهداری نشده، نور خروجی در طی سه سال (با فرض ۳۰۰۰ ساعت بهره‌برداری سالیانه) به میزان تقریبی ۶۵٪ مقدار اولیه افت کرده ولی با نگهداری جامع از این سیستم، روند کاهش در ۳۵٪ متوقف می‌شود.



شکل (۱۲-۱): اثر برنامه نگهداری

نکته- زمانیکه استهلاک غیر قابل بازیابی به علت عمر تجهیز و یا تغییر رنگ آن رخ دهد، نمی‌توان تجهیز را به شرایط اصلی خود بازگرداند و ممکن است تعویض پوشش خارجی و یا کل چراغ ضروری باشد. چنین موردی عمدتاً برای چراغ‌هایی که در فضای پر از

گرد و غبار و یا روغنی قرار دارند، رخ می‌دهد. در چنین مواردی در نظر گرفتن چراغ‌های درزگیری شده با درجه IP بالا (برای مثال IP6X) در مرحله طراحی، مفید می‌باشد.

۱۲-۴-۱- فاصله‌های زمانی بازرسی و ثبت عملکرد

بازرسی و ثبت مرتب عملکرد تأسیسات روشنایی با وجود هزینه‌بر بودن، به دلیل بهبود ضریب نگهداری سیستم موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود. چنین بازرسی‌هایی ممکن است منجر به ایجاد تغییرات در روند نگهداری گردد تا اطمینان حاصل شود که معیارهای روشنایی سیستم در تمامی زمان‌ها حفظ می‌گردد.

۱۲-۴-۲- برنامه‌های نگهداری

برنامه منظم شستشوی سطوح داخلی و خارجی برای تجهیزات روشنایی از عوامل موثر بر ضریب نگهداری می‌باشد. تعداد تکرارهای متناوب این برنامه به موارد زیر بستگی دارد:

الف) نوع آلودگی محیط

ب) درجه حفاظت تجهیزات نوری

همچنین در این سیستم، مهمترین تجهیز نوری چراغ می‌باشد که با درجه حفاظت IPXX و براساس قابلیت ممانعت از ورود گرد و غبار و رطوبت به محفظه چراغ دسته‌بندی می‌شود. در این درجه‌بندی، عدد اول، اندازه ذره (گرد و غبار ریز یا سنگریزه درشت) را نشان می‌دهد. هرچه عدد بزرگتر باشد، ذره کوچک‌تری امکان ورود به محفظه را دارد. عدد دوم نیز درجه محافظت در مقابل نفوذ رطوبت، از پاشیده شدن غیر مستقیم به صورت فورانی پرفشار تا غوطه‌وری کامل را نشان می‌دهد. هر چه این عدد بزرگتر باشد، میزان نفوذ رطوبت کمتر و درزبندی بهتری را مشخص می‌کند.

برای این چراغ، درجه حفاظت قسمت‌های نوری به‌خصوص اگر در محیط‌هایی با آلودگی متوسط/بالا استفاده شود، نوع IP6X تعیین می‌گردد.

۱۲-۵- عوامل موثر بر اتلاف نور

عوامل مختلفی در اتلاف روشنایی موثر بوده، ولی مقدار تاثیر هر یک از آن‌ها با نوع لامپ، چراغ، هندسه تأسیسات و محیط تغییر می‌کند. در این میان، یکی از مهمترین عوامل، میزان و نوع آلودگی هوا در مناطق مختلف می‌باشد. به عنوان مثالی در این خصوص می‌توان به میزان آلودگی در مرکز یک شهر صنعتی اشاره کرد که بالاتر از میزان آن در یک روستاست و یا به اثر گرد و غبار خشک در یک معدن سنگ اشاره کرد که با شاخ و برگ محصولات کشاورزی و حشرات در یک مسیر پر رفت و آمد روستایی متفاوت می‌باشد. به همین دلیل هنگام تعیین انواع چراغ‌ها و ملزومات نگهداری آن‌ها باید به این تفاوت‌ها توجه گردد.

۱۲-۵-۱- کاهش لومن لامپ

نور خروجی از تمامی لامپ‌ها در طول مدت زمان بهره‌برداری از آنها کاهش می‌یابد. نرخ دقیق این کاهش به نوع لامپ و سیستم بالاست آن بستگی دارد. این کاهش، با تعویض مکرر لامپ‌های سوخته و یا با تعویض گروهی آنها بهبود می‌یابد. در جدول (۱۲-۱)

برای هفت نوع لامپ مختلف، این کاهش در قالب ضرایب نوعی نگهداری لامپ آورده شده که در موقع انجام طراحی روشنایی استفاده می‌گردند. برای سایر لامپها نیز این ضریب از تولیدکنندگان مربوطه دریافت می‌شود.

جدول (۱۲-۱): ضرایب نگهداری لومن لامپ (LLMF)

نوع لامپ						زمان کارکرد (هزار ساعت)	
S	M	Q	L	FD			FS*
				(Tph)	(Hph)		
۰/۹۸	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۹۱	۴
۰/۹۷	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۸۸	۶
۰/۹۴	۰/۷۶	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۸۶	۸
۰/۹۱	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۸۵	۱۰
۰/۹۰	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۷۱	۰/۸۴	۱۲

* این مقادیر مربوط به دمای °C ۲۵ می‌باشند.

در جدول (۱۲-۲) نام لامپ‌هایی که در جدول (۱۲-۱) به صورت مخفف استفاده شده‌اند، نشان داده شده است.

جدول (۱۲-۲): نام کامل لامپ‌ها به همراه علائم اختصاری آن‌ها

فلورسنت لوله‌ای	S	بخار سدیم پر فشار	FD
فلورسنت فشرده	M	متال هالید	FS
بخار سدیم کم فشار	Q	بخار جیوه پر فشار	L
هالوفسفات	Tph	تری فسفر	Hph

۱۲-۵-۲- ضریب بقای لامپ

بقای لامپ، احتمال تداوم عملکرد یک لامپ برای مدت زمانی مشخص می‌باشد. نرخ بقا به نوع لامپ و به‌خصوص در مورد لامپ‌های تخلیه‌ای به توان، فرکانس کلیدزنی و سیستم بالاست آن‌ها بستگی دارد. لامپ‌های معیوب سبب کاهش شدت روشنایی و غیر یکنواختی نور در یک طرح روشنایی می‌شوند. این اثر با تعویض نقطه‌ای این لامپ‌ها حداقل می‌شود. جدول (۱۲-۳) مقادیر نوعی ضریب بقای لامپ را نشان می‌دهد.

جدول (۱۲-۳): ضرایب بقای لامپ (LSF)

نوع لامپ						زمان کارکرد (هزار ساعت)	
S	M	Q	L	FD			FS
				(Tph)	(Hph)		
۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۴
۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۴	۶
۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۹۰	۸
۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۹۸	۰/۸۶	۰/۷۸	۱۰
۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۶۲	۰/۹۶	۰/۷۰	۰/۵۰	۱۲

۱۲-۵-۳- آلودگی لامپ‌ها و چراغ‌ها

وجود آلودگی روی لامپ‌ها و چراغ‌ها عموماً موجب بیشترین مقدار اتلاف نور می‌شود. این میزان اتلاف نور بستگی به نوع و چگالی آلودگی موجود در هوا، طراحی چراغ و نوع لامپ دارد. تجمع این آلودگی بر روی سطوح منعکس‌کننده، با درزگیری محفظه لامپ چراغ در مقابل ورود گرد و غبار و رطوبت حداقل می‌شود. درزگیری قسمت‌های نوری چراغ با حداقل درجه حفاظت IP5X تاثیر قابل توجهی در این خصوص دارد.

جدول (۱۲-۴) مقادیر نوعی ضرایب نگهداری را برای تعدادی از چراغ‌ها نشان می‌دهد.

جدول (۱۲-۴): ضرایب نگهداری چراغ (LMF)

درجه حفاظت (IP) قسمت نوری چراغ									زمان نوردهی (سال)
IP 6X			IP 5X			IP 2X			
میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			
کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	
۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۶۲	۰/۵۳	۱
۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۵۸	۰/۴۸	۱/۵
۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۵۶	۰/۴۵	۲
۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۴۳	۲/۵
۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۴۲	۳

۱۲-۵-۳-۱- دسته‌بندی آلودگی‌ها

در جدول (۱۲-۴) آلودگی‌ها در سه دسته کم، متوسط و زیاد به شرح زیر مشخص گردیده‌اند.

الف- آلودگی کم: در این نواحی هیچگونه فعالیت تولیدکننده دود یا گرد و غبار در نزدیکی تجهیزات وجود ندارد، سطح آلاینده‌های محیطی پایین بوده و ترافیک نیز سبک می‌باشد. این نواحی عموماً شامل مناطق مسکونی و روستایی بوده که آلودگی پایین دارند. میزان ذرات ریز محیط در این مناطق نیز بیش از ۱۵۰ میکروگرم در هر متر مکعب نیست.

ب- آلودگی متوسط: در این نواحی، فعالیت تولیدکننده دود یا گرد و غبار معمولی در نزدیکی تجهیزات وجود داشته و ترافیک نیز معمولی تا سنگین می‌باشد. در این مناطق، میزان ذرات ریز محیط نیز از ۶۰۰ میکروگرم در هر متر مکعب بیشتر نیست.

ج- آلودگی زیاد: در این نواحی توده دود یا گرد و غبار تولیدی توسط فعالیت‌های انجام شده در اطراف محل زیاد بوده و معمولاً چراغ‌ها را می‌پوشاند.

۱۲-۵-۴- آلودگی سطوح منعکس‌کننده نور در گذرگاه‌ها، تونل‌ها و زیرگذرها

وجود آلودگی بر روی سطوح ساختمانی سبب کاهش میزان بازتاب نور در محیط‌های سربسته همچون تونل‌های مخصوص عبور عابرین پیاده، وسایل نقلیه و زیرگذرها می‌شود. از آنجا که در چنین مناطقی بازتاب نور نقشی اساسی در تشکیل منظره دید کاربران بازی می‌کند، لذا توصیه می‌شود که در این مناطق از تمامی سطوح منعکس‌کننده به صورت مرتب نگهداری به عمل آمده و تمیز گردند تا موجب حفظ سطح درخشندگی در محیط گردد.

۱۲-۶- ضریب نگهداری

در محاسبات طراحی سیستم روشنایی و به منظور لحاظ کردن استهلاک، یک ضریب نگهداری مناسب برای تاسیسات در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که مقدار این ضریب، در صورت تغییر می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر توان لامپ و تعداد چراغ‌های مورد نیاز برای تامین درخشندگی/شدت روشنایی سطح معبر تأثیر بگذارد، به همین دلیل می‌بایست مقدار آن در یک معبر ثابت باشد. بدین منظور با انتخاب دقیق تجهیزات و تعمیر و نظافت مکرر آن‌ها می‌توان به این هدف نائل شد.

ضریب نگهداری عبارت از نسبت درخشندگی/شدت روشنایی نور تولید شده توسط سیستم روشنایی بعد از یک دوره زمانی مشخص، به درخشندگی/شدت روشنایی نور اولیه تولید شده توسط آن سیستم پس از نصب می‌باشد.

$$MF = E_m / E_n \quad (۱-۱۲)$$

که در آن:

MF: ضریب نگهداری؛

E_m : درخشندگی/شدت روشنایی نگهداری شده؛

E_n : درخشندگی/شدت روشنایی اولیه.

با استناد به تعریف فوق، ضریب نگهداری به طریق زیر بدست می‌آید:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF(\times SMF) \quad (۲-۱۲)$$

که در آن:

LLMF: ضریب نگهداری لومن لامپ؛

LSF: ضریب بقاء لامپ؛

LMF: ضریب نگهداری چراغ؛

SMF: ضریب نگهداری سطح (این ضریب فقط در محل‌های سرپوشیده همچون تونل‌ها و زیرگذرها بکار برده می‌شود).

۱۲-۶-۱- تعیین ضریب نگهداری

ضریب نگهداری می‌تواند براساس فرآیند گام به گام زیر تعیین شود:

گام ۱- لامپ و چراغ برای طرح انتخاب می‌شود.

گام ۲- بازه زمانی تعویض گروهی لامپ‌ها تعیین می‌گردد.

گام ۳- LLMF از جدول (۱-۱۲) و یا از اطلاعات سازنده لامپ با توجه به بازه زمانی تعیین شده در گام ۲ بدست می‌آید.

گام ۴- LSF از جدول (۳-۱۲) و یا از اطلاعات سازنده لامپ بدست می‌آید.

گام ۵- فاصله زمانی نظافت چراغ‌ها و مشخصات محیط اطراف آن تعیین می‌گردد.

گام ۶- پس از تعیین درجه IP چراغ، دسته‌بندی آلودگی محیطی و فاصله زمانی شستشو از گام ۵، LMF با توجه به جدول

(۴-۱۲) بدست می‌آید.

گام ۷- برای معابر سر بسته، SMF با توجه به جدول (۴-۱۲) برای بازه زمانی مشخص شده در گام ۵ بدست می‌آید.

گام ۸- با استفاده از رابطه (۱۲-۲) ضریب نگهداری (MF) تعیین می‌گردد.
گام ۹- توصیه می‌شود که با تغییر اجزای مختلف، گام‌های ۱ تا ۷ تکرار گردد. در این صورت محدوده‌ای از گزینه‌های مختلف برای برنامه نگهداری جهت استفاده در طراحی روشنایی در اختیار خواهد بود.

۱۲-۷- سرویس سیستم‌های روشنایی

۱۲-۷-۱- امنیت پرسنل

حتی‌الامکان تجهیزات روشنایی نباید در هنگامی که روشن هستند، سرویس شوند. این کار در صورت لزوم باید تنها توسط اشخاص آموزش دیده صورت گیرد.

۱۲-۷-۲- دسترسی

برای دسترسی به چراغ‌ها به منظور تعمیر، تعویض و یا نظافت آن‌ها، باید تجهیزاتی نظیر سکوی هیدرولیکی، داربست، نردبان، قلاب‌های ایمنی و غیره موجود باشند. همچنین برای دسترسی به چراغ‌ها این تجهیزات طوری استقرار یابند تا اپراتورها بتوانند به راحتی و با حفظ امنیت لازم بر روی آن‌ها کار کنند.

۱۲-۷-۳- توصیه‌های کلی برای کاهش هزینه‌های نگهداری

در حین طراحی سیستم روشنایی می‌توان اجزاء، تجهیزات و روکش آن‌ها را به گونه‌ای انتخاب کرد که نیاز به دوره‌های تعمیر و نگهداری کاهش پیدا کند. به عنوان مثال از روکش‌هایی برای سطوح استفاده گردد که برای مدت زمان طولانی تمیز مانده یا به راحتی قابل تمیز کردن باشند.

در انتخاب چراغ‌ها نیز باید به گونه‌ای عمل گردد که تمیز کردن قسمت اپتیک آن‌ها آسان باشد و یا درجه حفاظت (IP) بالایی داشته باشند. همچنین انتخاب چراغ‌هایی که اجزاء کمی دارند موجب می‌گردد تا در صورت نیاز به تعمیرات، به راحتی از جای خود درآمده و دوباره نصب گردند.

از دیگر مواردی که طراح می‌تواند به تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی کمک کند و کارایی نگهداری آن را افزایش دهد، عبارتند از:
الف- برنامه‌ریزی برای سهولت نگهداری و دسترسی، نوع ابزار مورد نیاز برای انجام خدمات، داشتن اطمینان از موجود بودن لامپ‌ها و سایر قسمت‌های نوری و یا حتی چراغ‌های یدکی در موقع بهره‌برداری از سیستم، داشتن ارتباط تنگاتنگ با مهندسین تعمیرات و نگهداری برای اطمینان از درک نیازها و مراحل آن؛

ب- فراهم کردن یک برنامه تعمیرات و نگهداری جامع با دستورالعمل‌های مربوطه؛

ج- جمع‌بندی اطلاعات از اشتباهات احتمالی، خرابی و یا مشکلات تعمیرات و نگهداری سیستم روشنایی و استفاده از آن‌ها برای جلوگیری از تکرار در پروژه‌های آتی؛

د- استفاده از فونداسیون مناسب برای پایه‌ها به منظور حفظ سازه‌های فولادی از اثرات خورنده زمین.

۱۲-۷-۴- پایش و گشت‌زنی به منظور شناسایی عیوب سیستم روشنایی

از آنجایی که هم‌اکنون "پایش از راه دور" طرح‌های روشنایی در دنیا عملی‌تر شده است و بهره‌وری اقتصادی بالاتری دارد، از گشت‌زنی ساده برای شناسایی عیوب سیستم روشنایی معابر، کمتر استفاده می‌کنند. در کشور ما نیز قبل از استفاده از این روش باید ارزیابی واقعی سود-هزینه برای این دو روش انجام پذیرفته و سپس در مورد تغییر آن تصمیم گرفته شود. ولی در حال حاضر در مواردی که روشن نبودن معبر باعث احتمال پیشامد خطر بزرگی می‌شود، پایش یا گشت‌زنی مداوم ضروری است. در مواردی هم که فعالیت‌های اجتماعی بیشتری در محل صورت می‌گیرد، می‌توان عموم مردم را به اعلام عیوب مشاهده شده، تشویق کرد. یک روش کارا در این زمینه، اختصاص یک خط تلفن رایگان و یا پست یک کارت تلفن از پیش پرداخت شده برای استفاده عموم می‌باشد. همچنین از پلیس محلی و یا نیروهای امنیتی نیز می‌توان در این زمینه کمک گرفت. البته برای عملی شدن این طرح، باید سیستم شناسایی ساده و واضحی برای تشخیص روشنایی نقاط مختلف موجود باشد.

گروه‌های گشت‌زنی برای ثبت خطاها می‌توانند از یک دفترچه ساده و یا یک ثبت داده جیبی استفاده نمایند. اصل مهم در این زمینه استمرار در گردآوری دقیق و زمانبندی شده اطلاعات و انتقال آن‌ها به مدیر بخش تعمیرات می‌باشد. این کار بخش مهمی از ثبت سلامت عمومی تأسیسات روشنایی را تشکیل داده و باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی آن می‌گردد. ثبت‌های عمومی باید جزئیات زیر را شامل شوند:

الف- شماره مشخصه (که بر روی دکل یا پایه ثبت شده است)؛

ب- مکان؛

ج- ارتفاع نصب و طول بازو؛

د- نوع نصب (پایه، دکل، دیواری)؛

ه- نوع چراغ؛

و- نوع و توان منبع روشنایی؛

ز- دستگاه کنترل، تجهیزات کلیدزنی، وضعیت فیوز و غیره؛

ح- وضعیت منبع تغذیه؛

ط- تاریخ نگهداری دوره‌ای و تعویض گروهی لامپ‌ها (در جاهایی که قابل کاربرد است).

همچنین تیم‌های تعمیراتی که در روز کار می‌کنند باید قادر باشند نه تنها لامپ‌های سوخته را تعویض کنند، بلکه باید مهارت و تجهیزات لازم برای تشخیص و تعمیر عیوب ساده دستگاه کنترل و سایر اجزای الکتریکی را نیز در محل داشته باشند. چراغ‌هایی هم که قابل تعمیر در محل نباشند، باید به کارگاه‌های مرکزی برده شوند تا اجزای اصلی آن‌ها تعمیر و تعویض شوند.

۱۲-۷-۵- مواد مورد استفاده برای نظافت

مواد و روش‌های مورد استفاده برای نظافت با توجه به نوع آلودگی و جنس جسمی که باید تمیز شود تعیین می‌شوند. برای مواد پلاستیکی توصیه می‌شود که با استفاده از مواد آنتی‌استاتیک پرداخت نهایی بر روی آن‌ها انجام شود.

الف- نظافت عمومی- در این روش نظافت، اولین و معمول‌ترین ماده مورد استفاده، انواع شوینده شیمیایی می‌باشد که شامل افزودنی‌هایی با غلظت مختلف است. در این نوع نظافت استفاده از ترکیب‌هایی که بعد از نظافت نیازی به شستشو با آب ندارند، سودمند است.

ب- نظافت سنگین برای سطوح با غلظت روغنی- در این نوع شستشو از نوع دوم پاک‌کننده‌های مایع که مخصوص شستشوی سنگین است، استفاده می‌شود. ممکن است این پاک‌کننده شامل شوینده‌ها، حلال‌ها و ساینده‌ها باشد. چنین پاک‌کننده‌ای برای پاک کردن آلودگی‌های روغنی مفید است. اینگونه پاک‌کننده‌ها باید قبل از استفاده آزمایش شوند تا اطمینان حاصل گردد که باعث صدمه به مواد و یا به جای گذاشتن رسوب بر روی آن‌ها نمی‌شوند.

ج- نظافت در شرایط صنعتی با غلظت روغنی بسیار بالا- این نوع نظافت برای سطوح شدیداً روغنی، نظیر تونل‌ها استفاده می‌شود. در این نوع شستشو از دستگاه‌های پاک‌کننده با بخار فشار بالا، به شرط آنکه به تجهیزات شسته شده با این روش صدمه‌ای وارد نکند، استفاده می‌شود.

د- نظافت با امواج ماوراء صوت- در این روش اجزایی که باید تمیز شوند، معمولاً از محل نصب خود جدا شده و در داخل یک مخزن مخصوص که حاوی یک مایع پاک‌کننده و چند مبدل است قرار داده می‌شود. این مبدل‌ها امواج صوتی تولید می‌کنند که سبب تولید حباب‌های میکروسکوپی می‌شود که عمل شستشوی شدیدی را بر روی یک سطح کوچک پدید می‌آورند. زمان شستشوی معمول در این روش بین ۲ تا ۱۰ دقیقه است. اگر شیئی که باید تمیز شود بسیار کثیف باشد، ممکن است نیاز به یک شستشوی اولیه داشته باشد و پس از این عمل نیز ممکن است نیاز باشد تا با آب شستشو داده شود. استفاده عمده از این روش در نظافت حباب‌های نورشکن شیشه‌ای است. در هنگام استفاده از این روش باید توجه کرد که به موادی که نظافت می‌شوند، آسیبی نرسد.

۱۲-۷-۶- تعویض لامپ

هر چه از عمر لامپ‌ها می‌گذرد، به تدریج شار نوری آنها کاهش می‌یابد. علاوه بر افت تدریجی نور خروجی، در میان انواع مختلف آنها تعدادی از لامپ‌ها نیز وجود خواهند داشت که به شکلی زودرس می‌سوزند (یعنی هنگامی که خروجی لامپ هنوز به اندازه کافی می‌باشد). تعداد این نوع لامپ‌ها با ضریب بقای لامپ مشخص می‌گردد.

از طرف دیگر اغلب لامپ‌های تخلیه‌ای قبل از اینکه در نهایت بسوزند، یک وضعیت «گردشی» را آغاز می‌کنند، بدین معنی که هنگامی که سرد هستند، روشن می‌شوند ولی بعد از مدت کوتاهی کارکرد خاموش می‌شوند. سپس لامپ خنک می‌شود و دوباره روشن می‌شود. از آنجا که این وضعیت گردشی از طریق مشاهده کسانی که به منظور تعمیر و نگهداری سرکشی می‌کنند، به سختی قابل تشخیص است، به همین دلیل با استفاده از مدارهای جرقه‌زن شناسایی می‌گردد. زیرا در این مدارها، اگر لامپ، بدون وقفه در منبع تغذیه خاموش شود، کلید آن مدار باز می‌شود. با توجه به این موارد لازم است که در بازه‌های زمانی مشخصی لامپ‌ها طی یک برنامه نگهداری تعویض گردند. در این صورت، کل هزینه‌های تعویض لامپ عبارت از هزینه لامپ و هزینه شخصی که این کار را انجام می‌دهد، خواهد بود. هزینه شخص نیز شامل هزینه سفارش، نگهداری لامپ در انبار، نصب لامپ جدید، دفع لامپ خراب، سیستم تعویض لامپ و در دسترس بودن چراغ‌ها خواهد بود. به طور کلی این سیستم‌های تعویض لامپ دو دسته‌اند: تعویض «نقطه‌ای» که در آن هر لامپ معیوبی تعویض می‌شود و یا تعویض «گروهی» که در آن همه لامپ‌ها (معیوب یا سالم) در زمانی کمتر از عمر نامی متوسط لامپ تعویض می‌گردند. در اکثر پروژه‌ها یک برنامه تعویض ترکیبی نقطه‌ای/گروهی انجام می‌شود. در این

میان، در مکان‌هایی که سوختن یک لامپ موجب تاریکی و وقوع ناامنی می‌گردد، لامپ معیوب باید سریعاً تعویض شود. همچنین نصب چراغ‌هایی با چند لامپ موجب حداقل شدن تاثیر سوختن لامپ‌ها در روشنایی معبر می‌شود.

الف- تعویض نقطه‌ای لامپ‌ها تنها هنگامی که می‌سوزند

این روش در ابتدا گزینه مناسبی به نظر می‌رسد، ولی می‌تواند گزینه پرهزینه‌تری باشد، به ویژه اگر هزینه‌های نیروی انسانی بالا باشد. همچنین این عیب را نیز دارد که در آن بسیاری از لامپ‌ها در تأسیسات روشنایی می‌توانند به مرز سوختن نزدیک شده و نور بسیار کمتری را نسبت به مقداری که در طراحی تأسیسات روشنایی اولیه فرض شده است، بدهند.

ب- تعویض همه لامپ‌ها بصورت گروهی با لامپ‌های جدید بعد از یک دوره زمانی مشخص

این روش معمولاً کارترین روش از لحاظ هزینه می‌باشد، ولی باید به گونه‌ای اصلاح شود تا لامپ‌هایی را که اخیراً به صورت اتفاقی سوخته‌اند و تعویض شده‌اند، از سایر لامپ‌ها مستثنی کند. متناوباً، چنین لامپ‌هایی (که با دقت از لحاظ تاریخ کدگذاری شده‌اند) می‌توانند بازیابی شده و برای تعویض‌های نقطه‌ای آینده استفاده شوند.

به همین دلیل در عمل مصالحه‌ای بین این دو روش صورت می‌گیرد به این شکل که پس از طی ۷۰٪ اول بازه زمانی بین دو تعویض گروهی، تنها لامپ‌های سوخته برای تعویض «نقطه‌ای» و جایگزینی با لامپ نو انتخاب می‌شوند. سپس در اولین تعویض گروهی، سایر لامپ‌ها با لامپ نو جایگزین شده و لامپ‌های تعویض شده نقطه‌ای قبلی که لامپ‌های سالمی بوده و کمتر کار کرده‌اند، باقی مانده و می‌توانند برای تعویض نقطه‌ای در بازه زمانی بعدی استفاده شده و یا در تعویض گروهی بعدی تعویض شوند. در این روش و به علت امکان بیشتر در سوختن قبل از موعد لامپ‌های جدید، توصیه می‌گردد که تأسیسات روشنایی پس از تعویض گروهی و بعد از تقریباً ۱۰۰ ساعت کارکرد هم، در هنگام شب بازرسی و فقط لامپ‌های جدید سوخته تعویض نقطه‌ای شوند.

۱۲-۷-۶-۱- هزینه تعویض لامپ

الف- هزینه تعویض نقطه‌ای به ازای هر لامپ

$$C_s = L + S + E + D \quad (3-12)$$

که در آن:

C_s : هزینه تعویض نقطه‌ای هر لامپ؛

L : هزینه لامپ؛

S : هزینه شخص برای تعویض نقطه‌ای همراه با هزینه‌های بازرسی اولیه؛

E : هزینه تجهیزات مورد استفاده برای دسترسی به چراغ‌ها؛

D : هزینه دفع لامپ خراب.

ب- هزینه تعویض گروهی به ازای هر لامپ

$$C_g = L + B + E + D \quad (4-12)$$

که در آن:

C_g : هزینه تعویض گروهی به ازای هر لامپ؛

B: هزینه شخص برای تعویض گروهی به‌ازای هر لامپ؛

ج- هزینه تعویض ترکیبی نقطه‌ای و گروهی به‌ازای هر لامپ

$$C_t = C_g + FC_s \quad (5-12)$$

که در آن:

C_t : هزینه تعویض ترکیبی نقطه‌ای و گروهی به‌ازای هر لامپ؛

F: کسری از لامپ‌ها که قبل از دوره تعویض آنها سوخته و تعویض می‌شوند.

۱۲-۷-۶-۲- نکات قابل توجه و بررسی اقتصادی سیستم‌های روشنایی معابر

الف- لامپ‌ها می‌توانند به صورت عمده خریداری شوند و برای تعویض نقطه‌ای در انبار نگهداری گردند. لامپ‌های یدکی نیز می‌توانند به عنوان بخشی از خریدهای اولیه طرح در نظر گرفته شوند.

ب- هزینه تعویض گروهی لامپ‌ها به استهلاک شار لامپ، به خصوص به نرخ بقا بستگی دارد. هر چه در فاصله زمانی تعویض لامپ‌ها، لامپ‌های بیشتری سالم مانده باشند، تعویض نقطه‌ای هزینه کمتری را در بر خواهد داشت.

ج- از آنجا که فاصله‌های زمانی تعویض لامپ به ساعات کارکرد آن بستگی دارد، به همین دلیل در بررسی اقتصادی، ساعات کار سالانه لامپ مطابق با جدول (۵-۱۲) منظور می‌گردد.

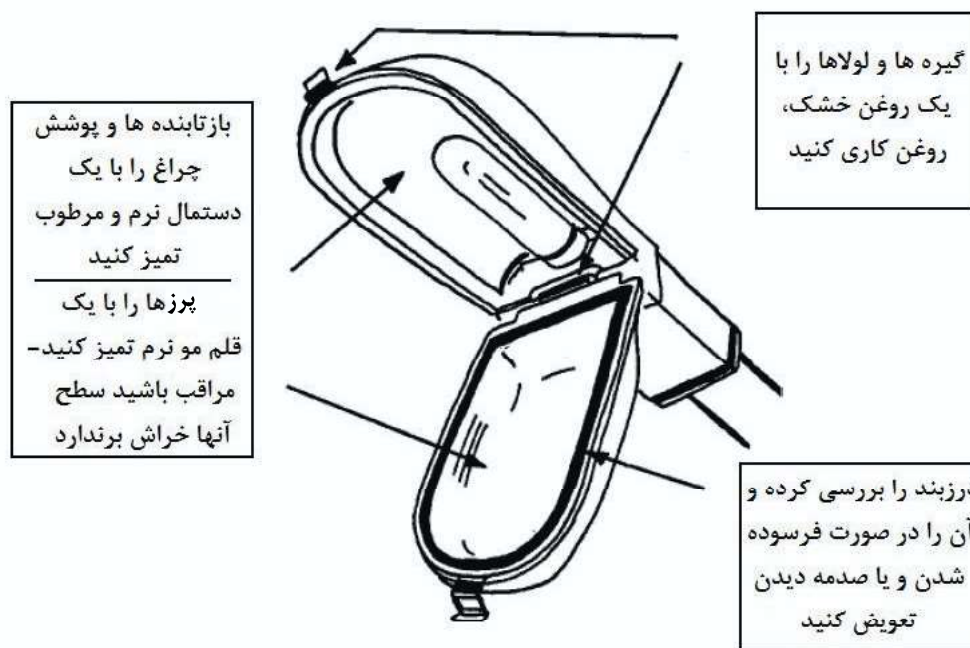
جدول (۵-۱۲): ساعات کار سالانه لامپ

نوع بهره‌برداری	ساعات کارکرد سالانه
پیوسته	۸۷۶۰
کل شب (از غروب تا طلوع آفتاب)	۴۲۰۰

۱۲-۷-۷-۷- چراغ

۱۲-۷-۷-۱- نکات فنی در مورد نظافت چراغ

نکات فنی اصلی برای تیم‌های نظافت در شکل (۲-۱۲) آمده است.



شکل (۱۲-۲): نکات فنی اصلی در نظافت چراغ‌ها

۱۲-۷-۷-۲- دستورالعمل نظافت چراغ

در هنگام نظافت چراغ باید تمامی سطوح آن با دقت کافی تمیز شوند. بعضی از سطوح چراغ به ساینده‌گی بسیار حساسند. برای مثال، آلومینیوم براق استفاده شده در رفلکتور بسیار به ساینده شدن حساس است. بعضی از پلاستیک‌ها، آکرلیک و به‌ویژه پلی‌کربنات‌ها نیز اینگونه‌اند. در این خصوص باید آموزش لازم به پرسنل تعمیرات و نگهداری داده شود.

این پرسنل هنگام کار با پلاستیک‌ها باید کاملاً مراقب باشند، زیرا آن‌ها با گذر زمان خاصیت شکنندگی پیدا می‌کنند. همچنین پلاستیک‌ها بسته به ماده اصلی به کار رفته در آن‌ها، محیط و ارتفاع نصب (ارتفاع‌های بالاتر تأثیرات ماورای بنفش بیشتری دارند)، منبع نور و دمایی که جسم در آن کار می‌کند، ممکن است به شدت زرد شوند به‌طوری‌که نیاز به تعویض داشته باشند.

از طرف دیگر رفلکتورهای آلومینیومی نیز باید با یک محلول گرم محتوی صابون شسته شده و قبل از اینکه توسط هوا خشک شوند به خوبی با آب شستشو گردند. لنزهای منشوری و یا غیر شفاف پلاستیکی باید با یک دستمال مرطوب (آغشته به یک شوینده غیریونی و آب) تمیز و با اسپری یا واکس غیر استاتیک پوشش داده شده و سپس خشک شوند. لعاب شیشه، لعاب کوره‌ای و اپتیک‌های شیشه‌ای باید با یک دستمال مرطوب آغشته به یک محلول رقیق ماده شوینده و آب پاک شوند. همچنین باید توجه شود تا زمانی‌که اجزای چراغ به کلی خشک نشده‌اند، چراغ درزبندی نشود.

پس از نظافت چراغ باید دقت گردد که لامپها موقعیت خود را نسبت به رفلکتورها و پوشش محافظ آنها حفظ کنند، به‌ویژه اگر پوشش محافظ رفلکتورها عناصر پخش‌کننده‌ای را بر روی سطح داخلی خود داشته باشند. درزبندی‌ها نیز باید کارایی بالایی در ممانعت از ورود گرد و غبار، آلودگی، حشرات و رطوبت داشته باشند. در طی بیست سال اخیر، واحدهای درزبندی پرتویی مدرن با

درجه IP66 ساخته شده‌اند، ولی اکثر چراغ‌هایی که هم اکنون استفاده می‌شوند، نسبت به نگهداری ضعیف بسیار آسیب‌پذیرند. هنگامی که لامپ تعویض می‌شود، درزبندی‌ها به شکل غیر قابل اجتنابی به هم می‌ریزد لذا در این حالت، به خصوص اگر پرسنل نگهداری به خوبی تعلیم داده نشده باشند، این خطر وجود دارد که چراغ به اندازه کافی در مقابل نفوذ هوا محافظت نشود. این مسأله سبب می‌شود که سطوح نوری چراغ به تدریج فرسوده شوند.

۱۲-۷-۳- نگهداری از پایه‌های چراغ

در تأسیسات روشنایی معابر، مراقبت و نگهداری از پایه‌ها بخش مهمی از وظایف نگهداری کل سیستم است. این امر می‌بایست در پایه‌های روشنایی ثابت، برج‌ها یا بازوهای متصل شده به دیوار، با انجام بازرسی‌های مکرر و رنگ‌کردن آن‌ها به همراه پایش مکرر شرایط زمین صورت پذیرد. برای سازه‌های با عمر بیش از ۲۰ سال هم باید فکری در مورد پایداری کل سازه و در نهایت برنامه‌ای برای جایگزینی آن‌ها ارائه شود.

در این بین، سیستم روشنایی با پایه‌های بلند و یا سیستم‌هایی که در آنها از سایر روش‌های نصب مشتمل بر تجهیزات پیچیده‌تر مکانیکی، هیدرولیکی و الکتریکی استفاده می‌شود، نیاز به نگهداری بیشتری دارند. این سیستم‌ها باید طبق توصیه‌های سازنده به طور مرتب و بسته به شرایط محلی بازرسی شوند و تمهیدات لازم برای نگهداری آنها انجام شود. همچنین در مکان‌هایی که پایه‌های روشنایی لولادار یا وینچ‌دار و یا دکل‌های یکپارچه نصب شده است، بازدید مرتب از طناب‌ها و قرقره‌ها باید توسط شخص متخصص صورت گیرد. نظافت و روغن‌کاری کل بخش‌های متحرک نیز باید به عنوان بخشی از برنامه نگهداری معمول قرار گیرد.

۱۲-۷-۸- فرسودگی پایه چراغ

معمولاً پایه‌ها به‌خاطر استحکام طراحی، فاکتورهای زیبایی و تناسب کلی‌شان انتخاب می‌شوند. در انتخاب یک پایه باید توجه شود که در طی عمر یک سازه، نگهداری دوره‌ای آن نیز لازم است.

پایه‌های روشنایی عموماً به گونه‌ای ساخته می‌شوند که در زمان ساخت در مقابل فرسودگی محافظت می‌شوند. با این وجود، مسائل تخریب محیطی و صدمات تصادفی می‌تواند به شکل قابل توجهی بر عمر و در نتیجه استحکام ساختمانی آن‌ها تاثیر بگذارد. به همین دلیل در برنامه‌های مداوم بازرسی باید نتایج مطالعات بصری و احتمالاً الکترونیکی ثبت شود تا اطمینان حاصل گردد که در صورت پیشرفت هرگونه خرابی سازه، اقدامات ترمیمی لازم صورت گیرد. در این زمینه باید توجه خاصی به سطوح داخلی سازه‌های فولادی جوشکاری شده گردد که در زمین کاشته شده‌اند و فرسودگی آنها ممکن است شناسایی نشود. پایه‌های چوبی هم در مقابل صدمات ناشی از وسایل نقلیه آسیب‌پذیرترند، لذا باید بازرسی‌های آن‌ها همزمان با بازدیدهای نگهداری تجهیزات الکتریکی و چراغ صورت گیرد و در صورت لزوم، اقدامات اصلاحی در زمان مناسب انجام شود.

۱۲-۷-۹- اجزای الکتریکی

هر تجهیز الکتریکی به‌خودی خود یک تهدید برای ایمنی محسوب می‌شود و بازرسی، نگهداری و آزمایش مرتب آن اهمیت خاصی دارد. تعویض هر جز باید با توجه به خطر بالقوه‌ای که آن جزء بر عملکرد ایمن تأسیسات ایجاد می‌کند، صورت گیرد. از آنجایی که تکنولوژی روشنایی دائماً در حال پیشرفت است، با نصب لامپ‌ها یا سیستم‌های کنترلی جدید و یا تعویض کل سیستم، علی‌رغم

عملکرد ایمن سیستم‌های روشنایی قدیمی، سود بیشتری حاصل می‌گردد. در چنین مواردی می‌توان سرمایه‌گذاری انجام شده را با صرفه‌جویی قابل توجهی که در مصرف انرژی و هزینه خدمات انجام می‌شود، مستهلک کرد. از امتیازات دیگر این کار می‌توان بهبود ظاهر و دید عمومی سیستم روشنایی جدید را نام برد.

۱۲-۸- جلویی از تابش نور توسط درختان

شاخ و برگ درختان به خصوص در سطح پایین‌تر می‌توانند مشکلات جدی در دستیابی به یک سیستم روشنایی مطلوب ایجاد کنند. به همین دلیل هرس کردن متناوب و به‌موقع آنها برای مقابله با رشدشان امری ضروری است. پرسنل مسئول این کار باید ارتباط نزدیکی با شهرداری‌ها و یا صاحبان مستقالات داشته باشند تا علاوه بر تامین روشنایی مطلوب، حداقل آسیب ظاهری و فیزیولوژیک را به درختان وارد کنند.

این هرس کردن، بازده نوری را به‌طور متوسط به میزان یک سوم افزایش می‌دهد و حتی در بعضی از مناطق بحرانی با قابلیت دید کم می‌تواند بازده نوری را تا دو برابر افزایش دهد.

۱۲-۹- استهلاک پخش‌کننده و رفلکتور

در یک چراغ، مستهلک شدن بخش‌های مختلف رفلکتور و پخش‌کننده‌ها مثل حباب موجب اتلاف نور می‌گردد. نحوه نگهداری این قسمت از تجهیزات نوری چراغ و مواد استفاده شده در شستشو، تاثیر زیادی بر میزان استهلاک آنها دارد.

۱۲-۹-۱- حباب و پخش‌کننده‌ها

۱۲-۹-۱-۱- شیشه

بازیابی و رساندن به حالت اولیه شیشه از طریق تمیز کردن آن به راحتی انجام می‌شود. ولی نظافت نکردن شیشه برای مدتی طولانی به‌ویژه در حباب‌های منشوری می‌تواند منجر به مشکل شدن بازیابی و رسیدن به حالت اولیه شیشه شده و حتی گاهی سبب صدمه دیدن سطوح آن نیز می‌گردد (مانند سوراخ شدن). از طرف دیگر نظافت نکردن آن منجر به کاهش نور خروجی و تغییر توزیع پخش نور چراغ می‌شود و این مساله سبب کاهش روشنایی سطوح شده و توزیع نور را تنزل می‌دهد.

۱۲-۹-۲- اکریک (PMMA- پلی متیل متاکریلات) و پلی کربنات (PC)

فرسایش این مواد عموماً ناشی از آلودگی آلاینده‌ها و عمر مواد است. استفاده نامناسب از حلال‌ها و یا قرار گرفتن در معرض آنها به دلیل تاثیر شدیدی که بر ساختار این مواد می‌گذارند سبب فرسایش سریع آنها می‌شود. تمیز کردن مرتب با پاک‌کننده‌ای ملایم و آب، شفافیت و وضوح این مواد را باز خواهد گرداند. دوده‌های غلیظ را باید با الکل سفید یا سایر پاک‌کننده‌ها که خصوصاً برای PMMA یا PC فرموله شده‌اند، پاک کرد و سپس خوب با آب شست. سمباده‌ها و سیم‌های ظرفشویی به سطح صدمه وارد می‌کند و در نتیجه میزان پراکندگی نور افزایش می‌یابد.

چسب‌هایی که در سازه و تجهیزات استفاده می‌شود باید با هم سازگار باشند، در غیر این صورت ممکن است فرسایش (کوتاه‌مدت یا بلندمدت) اتفاق بیافتد.

۱۲-۹-۱-۲-۱-اکریلیک

اشکال اصلی این مواد شکنندگی نسبی آن‌ها می‌باشد، به طوری که در مقابل ضربه به اندازه کافی مقاوم نمی‌باشند؛ اگرچه در مدل‌های سخت‌شده آنها این ویژگی بهبود یافته است. اما در عوض این مواد با حضور UV خوب کار می‌کنند. فقط از آنجا که پس از گذشت مدت طولانی (بیش از ۱۰ سال) استقامت اکریلیک تدریجاً از بین رفته و ترک می‌خورد، لذا این بخش از چراغ که از این ماده ساخته شده است باید به صورت جزیی قابل تعویض باشد.

۱۲-۹-۱-۲-۲-پلی کربنات

مزیت اصلی این ماده نسبت به PMMA استقامت و مقاومت بالاتر آن در مقابل ضربه است. البته این ماده در حضور UV ناشی از نور روز و یا لامپ‌های داخل آن دچار فرسایش می‌شود. این فرسایش با افزایش دما تسریع نیز می‌گردد. لذا مهم است که در حضور UV، دمای عملکردی آن از 90°C تا 100°C بالاتر نرود. از طرف دیگر این ماده به دلیل فرسایش سریع، معمولاً توسط جذب‌کننده‌های UV محافظت می‌شود. این جذب‌کننده‌ها می‌توانند هم به صورت مکمل‌های افزودنی به ماده خام اولیه و هم به صورت یک پوشش محافظ سطح به کار روند. البته از آنجا که این جذب‌کننده‌ها به مرور زمان تحلیل می‌روند لذا تنها زمان فرسایش را به تأخیر می‌اندازند و معمولاً سبب می‌شوند که عمر تجهیزات تا چند سال افزایش یابد. همچنین در مورد پلی کربنات‌های غیر شفاف لازم به ذکر است که معمولاً در مقابل UV حساس‌تر می‌باشند، زیرا این امر به دلیل وجود افزاینده‌های پخش‌کننده نور در آنها بوده که میزان تابش جذب شده را افزایش می‌دهند. به همین دلیل پوشش جذب‌کننده UV سطحی توصیه می‌شود. در این مواد، فرسایش سبب شکنندگی (از دست دادن استقامت و مقاومت در برابر ضربه) و زرد شدن (از دست دادن قابلیت عبور نور) می‌شود. لذا این بخش از چراغ که از این ماده ساخته می‌شود باید به صورت جزیی قابل تعویض باشد. در این مواد نیز نظافت مانند موارد قبلی است، فقط باید دقت گردد که PC در مقایسه با اکریلیک نرم‌تر بوده و مقاومت کمی در مقابل ساییدگی دارد.

۱۲-۹-۲-رفلکتور

۱۲-۹-۱-۲-آلومینیوم

سطح منعکس‌کننده از جنس آلومینیوم در صورت حفاظت نشدن، اکسید شده و دچار فرسایش می‌شود. روش معمول در محافظت آن، آند کردن سطح است. این کار می‌تواند یا به صورت مجزا و بعد از شکل‌گیری رفلکتور و یا به صورت یک پوشش محافظ در حین تولید ورقه آلومینیوم انجام شود. ضخامت این لایه می‌تواند از ۱ میکرون تا ۲۵ میکرون تغییر کند ولی هرچه ضخیم‌تر باشد، اگر چه سبب محافظت بیشتری می‌گردد ولی میزان پراکندگی نور توسط آن نیز افزایش می‌یابد. به همین دلیل لایه‌های آندی با ضخامتی در حدود ۲ تا ۳ میکرون مناسب می‌باشند زیرا ضمن محافظت از خوردگی، از سطح انعکاس بالایی نیز برخوردار می‌باشند.

از طرف دیگر قرار گرفتن این نوع رفلکتورها در معرض یک جو مرطوب، منجر به سوراخ شدن سطح آنها و کاهش تدریجی بازتابش نور می‌گردد. همچنین ورود آلودگی به داخل چراغ سبب افت قابل ملاحظه‌ای در بازتاب و یا شفافیت چراغ شده و به تبع آن باعث افت نور خروجی و تغییر منحنی پخش نور آن می‌گردد. به همین دلیل با قرار دادن رفلکتور در داخل یک محفظه درزبندی شده، از کاهش عمر آن تا حد قابل قبولی جلوگیری کرده و آن را حفاظت می‌نمایند. برای شستشوی آن نیز از آبی با کشش سطحی پایین به همراه یک پارچه بافته شده نخی مخصوص یا چرم نازک استفاده می‌شود.

۱۲-۹-۲- پلاستیک با پوشش فلزی

حفاظت از این نوع رفلکتور با زدن لاک و الکل به سطح پوشش آلومینیومی آن انجام می‌شود؛ به طوری که در ابتدا لاک و الکل را با اسپری به سطح آن پاشیده و سپس آن را گرما می‌دهند. البته در این نوع رفلکتور به دلیل استفاده از لاک و الکل، سطح آن با گذشت زمان تا حدی زرد می‌شود. بخصوص آنکه برای رفلکتورهایی که در دمای بسیار بالا کار می‌کنند، همین امر موجب تسریع فرسایش آنها شده و ممکن است حتی به اتصال بین پوشش فلزی و لایه زیرین نیز صدمه وارد شود. در این رفلکتورها برای جلوگیری از صدمه به پوشش لاک، محافظ، شستشو باید به آرامی و بدون استفاده از سمباده و حلال‌ها صورت گیرد. ولی در صورت درزبندی شدن محفظه، شستشوی آنها غیرضروری بوده و می‌تواند انجام نگیرد.

۱۲-۹-۳- شیشه

امروزه به جز در کاربردهای خاص، از شیشه‌های نقره‌اندود شده به ندرت استفاده می‌شود. در این نوع رفلکتورها، پوشش روی سطح آن، نقره را از اکسید شدن محافظت می‌کند. همچنین لبه‌های رفلکتور در مقابل فرسایش ناشی از رطوبت آسیب‌پذیرترند (به خصوص در معابر مجاور دریا)، به همین دلیل لازمه استفاده از آنها در یک چراغ، درزبندی کامل آن است. در این رفلکتور با تمیز کردن شیشه، خصوصیات بازتابندگی آن حفظ می‌شود ولی باید دقت گردد که پوشش محافظ آن آسیب نبیند.

۱۲-۱۰- دستورالعمل تعویض لامپ

پرسنل تعمیر و نگهداری می‌بایست از وارد شدن صدمه به سرپیچ و یا اجزای دیگر چراغ در موقع تعویض لامپ جلوگیری نمایند. همچنین آنها باید موقعیت اولیه چراغ را ثبت و علامت‌گذاری کنند تا هنگامی که عمل تعویض لامپ انجام شد، بتوانند چراغ را به موقعیت اولیه‌اش برگردانند.

۱۲-۱۱- دفع تجهیزات

۱۲-۱۱-۱- دفع لامپ‌ها

برای دفع لامپ‌ها می‌بایست حتی‌الامکان از شکستن و خردکردن کنترل نشده لامپ و بخصوص لامپ‌های حاوی جیوه جلوگیری شود. بدین منظور سوزاندن آن نیز توصیه نمی‌شود. البته ممکن است مدیر بخش ضایعات، برای کاهش حجم دفع و یا بازیافت مواد،

روش خرد کردن کنترل شده لامپ‌ها را برگزینند. ولی اگر بازیافت به عنوان یکی از گزینه‌های دفع نباشد، می‌بایست لامپ‌های از کار افتاده را با اخذ مجوز و تحت تدابیر حفاظتی خاص در محل‌های تعیین شده دفن کرد.

۱۲-۱۱-۱- لامپ‌های بخار سدیم کم فشار

لامپ‌های بخار سدیم کم فشار حاوی فلز سدیم‌اند که با آب واکنش نشان می‌دهد. این واکنش خطرانی همچون خوردگی بالای محلول هیدروکسید سدیم، اشتعال‌پذیری و قابلیت انفجار بالای گاز هیدروژن دارد. به همین دلیل این لامپ‌ها باید قبل از دفع تحت شرایط کنترل شده‌ای شکسته شده و با آب مخلوط گردند. بدین منظور می‌بایست در یک فضای خشک، حداکثر ۲۰ لامپ با دقت درون یک مخزن خشک بزرگ شکسته شوند. سپس وقتی یک چهارم مخزن از خرده‌های لامپ پر شد، اپراتور از راه دور و با استفاده از یک شلنگ، مخزن را پر از آب می‌کند. در این حالت آب با سدیم واکنش نشان داده و در نهایت یک محلول سود سوزآور رقیق به همراه خرده‌های شیشه وجود خواهد داشت که می‌تواند به صورت طبیعی دفع شود.

۱۲-۱۲- تامین ایمنی در تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی

یکی از پارامترهایی که باید در هنگام طراحی سیستم روشنایی به آن توجه کرد، وجود ایمنی کافی هنگام انجام تعمیر و نگهداری سیستم‌ها و هزینه لازم جهت انجام آن است. در معابری که در آن‌ها محدودیت‌های خاصی جهت تعمیر و نگهداری سیستم‌های روشنایی وجود دارد، طراح در انتخاب سیستم روشنایی مناسب با محدودیت مواجه می‌باشد. به همین دلیل باید در مرحله‌ی طراحی موارد زیر مدنظر قرار گیرند:

- الف- باریک بودن باند اضطراری و عدم پیوستگی آن در طول معبر؛
- ب- نیاز به باند قابل کنترل مخصوص کار برای انجام تعمیر و نگهداری؛
- ج- ایمنی پرسنل تعمیر و نگهداری و همچنین تجهیزات مورد استفاده آن‌ها در هنگام کار؛
- د- حداقل بودن اختلال ایجاد شده برای ترافیک در هنگام انجام تعمیر و نگهداری؛
- ه- تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی نصب شده در وسط یک معبر دو طرفه، در این حالت جهت حفظ ایمنی پرسنل و تجهیزات لازم است که در مسیر حرکت خودروها از باند سمت چپ در یک یا حتی هر دو جهت معبر انحراف ایجاد گردد.
- و- تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی نصب شده در کنار یک معبر دو طرفه، در این حالت جهت حفظ ایمنی پرسنل و تجهیزات لازم است که در مسیر حرکت خودروها از باند سمت راست در هر کدام از جهت‌های معبر، انحراف ایجاد گردد.
- ز- تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی نصب شده در کنار یک معبر دو طرفه با باند اضطراری، در این حالت که نیاز به اشغال باند اضطراری توسط وسایل نقلیه‌ی تعمیر و نگهداری می‌باشد، اگر ناحیه ایمن جهت انجام این کار با باند ترافیکی سمت راست هم‌پوشانی داشته باشد، لازم است که در مسیر حرکت خودروها از باند سمت راست انحراف ایجاد گردد.

۱۲-۱۳- فاصله ایمن کار در مجاورت خطوط هوایی

در طی هر یک از مراحل نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی معابر واقع شده در مجاورت خطوط هوایی، باید جهت ایمنی پرسنل فاصله‌ی مناسبی با این خطوط رعایت گردد. در این مواقع، فاصله ایمن کار با اتخاذ تدابیری چون ارتفاع نصب پایین‌تر و یا استفاده از پایه‌های روشنایی تاشو بدست می‌آید. همچنین هنگام استفاده از آرایش نصب محوری در معبر نیز امکان دارد که گسستگی‌های خاصی در این نوع آرایش مورد نیاز باشد تا فاصله ایمن کار در هنگام تعمیر و نگهداری آن تامین گردد.

۱۲-۱۴- تجهیزات تعمیر و نگهداری

مدت زمان تعمیرات و هزینه نگهداری برای یک سیستم روشنایی، با انتخاب تجهیزات نگهداری، متناسب با نیازهای سیستم، به شکل قابل توجهی کاهش می‌یابد. برای تسهیل این امر، انواع مختلف تجهیزات تعمیر و نگهداری موجود می‌باشند. انتخاب این تجهیزات به فاکتورهای مختلفی نظیر ارتفاع نصب، وسعت ناحیه، در دسترس بودن واحدهای روشنایی و موانع موجود در ناحیه بستگی دارد. بعضی از این تجهیزات تعمیر و نگهداری به شرح زیر می‌باشند:

الف - نردبان‌ها: از نردبان‌ها اغلب در برنامه‌های تعمیر و نگهداری استفاده می‌شود. وزن کم، هزینه پایین و سادگی، آن‌ها را برای انجام کارهای ساده به وسیله‌ای مطلوب بدل کرده است. البته محدودیت‌های ایمنی و قابلیت تحرکشان، استفاده از آن‌ها را در پاره‌ای از موارد محدود می‌کند.

ب- کامیون مجهز به بالابر هیدرولیکی: اغلب، سریع‌ترین و کاراترین وسیله نگهداری، کامیون مجهز به بالابر هیدرولیکی است. گرچه انواع مختلفی از آن‌ها موجود است، ولی اساس روش کار همه آن‌ها یکی است. در این وسایل سکویی وجود دارد که می‌تواند به صورت خودکار بالا یا پایین رود. از آنجا که استفاده از چنین تجهیزاتی برای کارهای خارج از معبر مورد نیاز است، سطحی که این وسیله بر روی آن قرار می‌گیرد باید بتواند تحمل وزن آن را داشته باشد.

ج- داربست: داربست‌های قابل حمل عموماً ایمنی و قابلیت تحرک بالاتری نسبت به نردبان‌ها دارند. با استفاده از داربست، تجهیزات بیشتری می‌توانند حمل شوند و مسئول تعمیر و نگهداری نیز سکوی محکم و ثابتی را برای کار در اختیار دارد. به طور کلی، داربست‌ها باید سبک، قوی، قابل تنظیم و متحرک باشند و به راحتی متناسب با نیازهای کار، به هم بسته و باز شوند.

د- داربست تلسکوپی: داربست تلسکوپی وسیله‌ای سریع برای دسترسی به تجهیزات روشنایی در گستره‌ای از ارتفاع‌های نصب مختلف می‌باشد. این تجهیز می‌تواند به اندازه‌های مختلفی درآمده و سکوهایی دارد که می‌توانند هم به صورت دستی و هم به صورت اتوماتیک بالا و پایین بروند.

ه- پایه‌های روشنایی لولادار: این نوع پایه‌ها واحدهای روشنایی را تا یک سطح کاری مناسب پایین آورده و کارگر را قادر می‌سازند تا آن‌ها را با حداقل تجهیزات لازم سرویس کنند. در این پایه‌ها، وقتی چراغ پایین می‌آید، مدار الکتریکی آن قطع می‌شود و وقتی به موقعیت اصلی خود باز می‌گردد، اتصال مدار الکتریکی مجدداً به صورت اتوماتیک برقرار می‌گردد. البته در این پایه‌ها می‌بایست نگهداری قسمت‌های گردان، قرقره‌ها و خط تغذیه نیز صورت پذیرد.

و- راهروها، جرثقیل‌ها، قفس‌ها: برای نگهداری سیستم روشنایی می‌توان از ابتدای کار تسهیلاتی برای آن در نظر گرفت. این کار می‌تواند از راه‌های مختلفی صورت پذیرد، به عنوان مثال در پایه‌های روشنایی با ارتفاع بلند می‌توان با استفاده از قفس‌های تعمیر و نگهداری به انجام این کار مبادرت نمود.

ز- جاروبرقی‌ها و دمنده‌ها: گاهی از دمنده‌ها و جاروبرقی‌ها برای زدودن گرد و غبار واحدهای روشنایی استفاده می‌شود. گرچه از این طریق بخشی از آلودگی پاک می‌شود، ولی در پاره‌ای از موارد هنوز نیاز به شسته شدن تجهیزات وجود خواهد داشت. با این وجود، استفاده متناوب از جاروبرقی‌ها و دمنده‌ها می‌تواند فاصله زمانی نظافت را طولانی‌تر کند.

دستورالعمل اندازه‌گیری روشنایی

در معابر

مقدمه

در این فصل دستورالعمل تعیین میزان روشنایی و اندازه‌گیری آن در سیستم‌های روشنایی نصب شده در معابر ارائه می‌گردد. نمونه‌هایی از فرمت گزارش‌های آزمون نیز در انتهای این فصل آمده است.

۱-۱۳- اندازه‌گیری‌های نوری

استفاده از روش‌های اندازه‌گیری، باید متناسب با اهداف اندازه‌گیری باشد. زمانی که اندازه‌گیری با هدف مقایسه مقادیر حاصل از محاسبات انجام می‌شود، برای اطمینان از صحت مقایسه، باید سختگیری بیشتری اعمال شود. اما وقتی اندازه‌گیری با هدف کنترل وضعیت سیستم روشنایی نصب شده صورت می‌گیرد، می‌توان کنترل را با استفاده از روش انتخاب مجموعه‌های محدودتر از داخل فضای وسیعتر انجام داد. در کلیه موارد باید اندازه‌گیری‌ها با روشی انجام شود که بررسی وضعیت سیستم، همیشه ممکن باشد.

۱-۲- شرایط اندازه‌گیری

۱-۲-۱- کلیات

از آنجا که نتایج اندازه‌گیری روشنایی در سطح معابر به شرایط موجود در زمان اندازه‌گیری بستگی دارد، بنابراین کلیه این شرایط در زمان اندازه‌گیری می‌بایست ثبت گردند. مواردی که نیاز به ثبت دارند عبارتند از ولتاژ تغذیه، توان لامپ، نوع چراغ، شرایط جوی، ارتفاع نصب، پیش‌آمدگی، زاویه بازو و یا هر مورد دیگری که ممکن است در نتایج اثر بگذارد.

۱-۲-۲- سیستم روشنایی جدید

سیستم روشنایی جدید به سیستمی اطلاق می‌گردد که چراغهای آن تمیز بوده و لامپ‌های نصب شده در آن نیز نو باشند (حداکثر کارکرد لامپ صد ساعت باشد). میزان روشنایی ایجاد شده توسط این سیستم حداکثر روشنایی تولیدی آن را مشخص نموده و نیایستی از حداکثر مجاز روشنایی معبر بیشتر باشد.

۱-۲-۳- سیستم روشنایی قدیمی

به سیستم روشنایی که در آن هر یک از شرایط قید شده برای سیستم روشنایی جدید وجود نداشته باشد، سیستم روشنایی قدیمی اطلاق می‌گردد. در این حالت وضعیت لامپ و چراغ به ترتیب از نظر طول عمر و میزان کثیفی در زمان اندازه‌گیری روشنایی می‌بایست ثبت گردند. جهت تعیین ضریب نگهداری چراغ در این سیستم می‌بایست میزان روشنایی معبر، قبل و بعد از تمیز کردن چراغها و بدون آنکه لامپی تعویض شده باشد، اندازه‌گیری گردد. تعیین ضریب نگهداری لامپ نیز با اندازه‌گیری روشنایی معبر در قبل و بعد از تعویض کلیه لامپ‌ها امکان‌پذیر است.

۱۳-۲-۴- مشخصه‌های الکتریکی مدار تغذیه

از آنجا که مشخصه‌های الکتریکی مدار تغذیه سیستم روشنایی (مقادیر جریان، ولتاژ و توان در سر هر لامپ) بر میزان شار نوری خارج شده از لامپ اثر می‌گذارند، بنابراین مقادیر این مشخصه‌ها در زمان اندازه‌گیری روشنایی معبر مهم بوده و می‌بایست مقادیر نامی خود را داشته باشند.

به همین منظور توصیه می‌گردد که پس از گذشت زمان راه‌اندازی و عادی شدن عملکرد لامپ، در صورتی که ولتاژ ورودی بالاست لامپ مقدار نامی خود را نداشته باشد، در زمانهای متوالی اقدام به اندازه‌گیری ولتاژ شده و به محض رسیدن آن به ولتاژ نامی نسبت به اندازه‌گیری روشنایی معبر اقدام گردد. زمان راه‌اندازی و رسیدن به عملکرد عادی در لامپ‌های تخلیه گازی حداقل ۶۰ دقیقه پس از روشن کردن آنها بوده و قبل از آن نمی‌توان اندازه‌گیری روشنایی معبر را انجام داد.

چنانچه سیستمی همواره زیر ولتاژ نامی کار کند، بایستی اندازه‌گیری روشنایی زمانی صورت پذیرد که سیستم دارای بالاترین مقدار ولتاژ است.

۱۳-۲-۵- شرایط آب و هوایی

شرایط آب و هوایی نباید تأثیر قابل توجهی بر اندازه‌گیری‌ها داشته باشند، مگر در مواردی که این میزان تأثیر، در نظر گرفته شود. پایین یا بالا بودن دما می‌تواند نور لامپ‌های حساس به دما را تحت تأثیر قرار دهد یا دقت تجهیزات اندازه‌گیری را کم کند. جمع شدن رطوبت بر روی سطوح انتقال نور تجهیزات اندازه‌گیری یا قطعات الکتریکی آنها می‌تواند بر دقت اندازه‌گیری اثر بگذارد. سرعت بالای باد ممکن است سبب نوسان چراغ و یا تجهیزات اندازه‌گیری شود و نیز ممکن است باعث کاهش دمای لامپ‌های حساس به دما شده و بر نور خروجی آنها اثر بگذارد. حتی مقدار ناچیزی از رطوبت بر روی سطح معبر، ممکن است به میزان قابل توجهی بر مقدار درخشندگی سطح معبر تأثیر بگذارد. چگونگی انتقال نور از هوا، هم در اندازه‌گیری میزان نوری که به سطح زمین می‌رسد، و هم در صورت اندازه‌گیری با درخشندگی متر، در میزان نوری که از سطح زمین به دستگاه می‌رسد، تأثیرگذار خواهد بود.

۱۳-۲-۶- نور خارجی و ممانعت از نور

وقتی قرار است میزان نور سیستم روشنایی نصب شده در معبری ثبت شود، باید از تابش نور مستقیم محیط اطراف یا نور منعکس شده از اطراف جلوگیری کرد.

نور اطراف می‌تواند شامل نور پنجره مغازه‌ها، بوردهای تبلیغاتی، علائم راهنمایی و رانندگی، نور چراغ خودروها یا سایر تأسیسات روشنایی، برافروختگی آسمان، بازتاب نور برف کنار معبر و غیره باشد. جلوگیری از این نورها گاهی با پوشاندن آنها و یا خاموش کردن منبع نور میسر می‌گردد ولی در صورت عدم امکان انجام این کار، اندازه‌گیری روشنایی می‌بایست در زمانی انجام پذیرد که هوا صاف بوده، ماه در آسمان نباشد و نور ناشی از منابع خارجی نیز حداقل مقدار خود را داشته باشد. نور خارجی که از آسمان ابری انعکاس می‌یابد، عموماً ناشی از نور مغازه‌ها، ایستگاه‌های وسایل نقلیه عمومی، چراغهای راهنما و یا سایر نورهای ناشی از محیط اطراف معبر بوده که می‌توانند باعث بروز خطا در نتایج اندازه‌گیری گردند و نتیجتاً نیاز به توجه خاص در زمان اندازه‌گیری دارد. عمل اندازه‌گیری به دلیل انعکاس شدید نور از برف نبایستی در زمانی که برف روی زمین وجود دارد صورت پذیرد.

همچنین در موقع انتخاب ناحیه اندازه‌گیری باید دقت گردد که موانع ایجادکننده سایه در ناحیه اندازه‌گیری وجود نداشته باشند. این موانع شامل درخت، وسایل نقلیه پارک شده و یا تجهیزات معبر می‌باشند.

۱۳-۳- اندازه‌گیری‌های غیرنوری

۱۳-۳-۱- کلیات

انتخاب اندازه‌گیری‌های غیرنوری باید متناسب با اهداف اندازه‌گیری باشد. در جایی که نتایج اندازه‌گیری باید با مقادیر محاسبه شده مقایسه شوند، اندازه‌گیری‌های غیرنوری به تفصیل لازم خواهد بود. اما وقتی اندازه‌گیری‌ها تنها برای کنترل وضعیت سیستم روشنایی انجام می‌شود، اندازه‌گیری‌های غیرنوری با جزئیات کمتر نیز کفایت می‌کند.

۱۳-۳-۲- داده‌های هندسی

هنگام اندازه‌گیری روشنایی در محل، باید هندسه نصب سیستم روشنایی را هم اندازه‌گیری کرد. این اندازه‌گیری باید شامل ارتفاع پایه‌ها و فاصله نصب آن‌ها باشد. همچنین در این اندازه‌گیری باید زاویه بازو، جهت قرارگیری چراغ‌ها و یا زاویه چرخش آن‌ها که ممکن است طی زمان بهره‌برداری تغییر کرده و نتیجتاً بر میزان اندازه‌گیری‌ها تأثیر بگذارند، تعیین گردند.

۱۳-۳-۳- ولتاژ منبع تغذیه

در آغاز اندازه‌گیری باید ولتاژ منبع تغذیه در هر پایه روشنایی اندازه‌گیری شود. در مدت زمان اندازه‌گیری نیز باید ولتاژ به طور پیوسته در یک نقطه اصلی در تأسیسات الکتریکی اندازه‌گیری و مشاهده شود. به این منظور بهتر است از یک ثبات ولتاژ استفاده گردد.

۱۳-۳-۴- دما

دما باید در ارتفاع یک متری از سطح زمین اندازه‌گیری شده و در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه‌ای ثبت شود.

۱۳-۳-۵- تجهیزات اندازه‌گیری

کلیه تجهیزات اندازه‌گیری باید کالیبره باشند. نمایشگر هر دستگاه اندازه‌گیری باید طوری باشد تا قرائت مقادیر اندازه‌گیری شده در روشنایی‌های کم معابر نیز به راحتی صورت پذیرد. بدین منظور در تجهیزات اندازه‌گیری آنالوگ لازم است نمایشگرهای دیجیتال یا نوری بطوری تعبیه شده باشد تا کار قرائت در روشنایی‌های کم نیز امکان‌پذیر باشد. کلیه دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌بایست قابلیت اندازه‌گیری مکرر و به دفعات زیاد را داشته باشند.

۱۳-۴- دستورالعمل اندازه‌گیری نوری

۱۳-۴-۱- تعیین محدوده اندازه‌گیری روشنایی معبر

برای اندازه‌گیری روشنایی باید "محدوده اندازه‌گیری" بر روی سطح معبر مشخص شود. این محدوده، عبارت از سطح مستطیلی است که ابعاد آن همانند ابعاد مستطیل محاسباتی بوده و توسط عرض معبر و فاصله بین دو پایه متوالی تعیین می‌شود. با تشکیل "مستطیل اندازه‌گیری" باید نقاط مورد نظر در داخل آن مشخص شده و برای اندازه‌گیری درخشندگی، محل ناظر نیز تعیین شود. این نقاط برای معابر مختلف باید همان محل نقاط مستطیل محاسباتی بوده و برای معابر شریانی، با در نظر گرفتن محل ناظر مربوطه باشد. ولی از آنجا که در موقع اندازه‌گیری درخشندگی برای معابر دارای دو باند و یا بیشتر، این امر منجر به در نظر گرفتن تعداد زیادی نقاط اندازه‌گیری می‌گردد و ممکن است به علت محدودیت‌های زمانی و یا سایر ملاحظات، غیرقابل اجرا باشد، لذا به همین دلیل می‌تواند تعداد نقاط کمتری انتخاب شوند به شرطی که این موضوع منجر به کاهش دقت نگردد.

۱۳-۴-۲- تقلیل نقاط اندازه‌گیری در راه‌های شریانی درجه ۲ با دو باند حرکتی و یا بیشتر

الف- در صورتی که فاصله نصب (S) کوچکتر یا مساوی ۳۰ متر باشد، در ازای هر چهار نقطه محاسباتی، یک نقطه اندازه‌گیری در مرکز مستطیلی که چهار نقطه مذکور، چهار گوشه آن هستند، انتخاب گردد. برای تعیین مستطیل مجاور در طول معبر، از نقاط محاسباتی تکراری واقع در مرز دو مستطیل استفاده نگردیده ولی در مستطیل مجاور واقع در عرض معبر، نقاط محاسباتی مشترک مورد استفاده خواهند بود. بدین ترتیب تعداد نقاط اندازه‌گیری به یک سوم تعداد نقاط محاسبه تقلیل خواهد یافت.

ب- در صورتی که فاصله نصب (S) بزرگتر از ۳۰ متر باشد، طبق دستورالعمل تعیین نقاط محاسبه بایستی در ازای هر افزایش حداکثر ۳ متر به فاصله نصب، یک ردیف نقطه در طول مستطیل محاسباتی اضافه گردد. در صورتی که این افزایش فاصله نصب منجر به تعداد ردیف‌های زوج در طول مستطیل محاسباتی شود، از همان دستورالعمل بند الف استفاده گردد. در غیر اینصورت به تعداد نقاط زوج ردیف‌های مستطیل محاسباتی از نزدیکترین لبه این مستطیل به ناظر، از همان دستورالعمل استفاده شود.

۱۳-۴-۳- تقلیل نقاط اندازه‌گیری در راه‌های شریانی درجه ۱

الف- در صورتی که فاصله نصب (S) کوچکتر یا مساوی ۳۰ متر باشد، در ازای هر شش نقطه محاسباتی غیرتکراری واقع شده در یک باند ترافیکی، یک نقطه اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود که این نقطه در خط وسط هر باند ترافیکی و محدود به دو ردیف نقطه محاسباتی متوالی در طول مستطیل محاسباتی است. بدین ترتیب تعداد نقاط اندازه‌گیری به یک ششم تعداد نقاط محاسبه تقلیل خواهد یافت. جهت تعیین نقاط اندازه‌گیری در شانه راه نیز بایستی از همین رویه استفاده نمود.

ب- در صورتی که فاصله نصب (S) بزرگتر از ۳۰ متر باشد، طبق دستورالعمل تعیین نقاط محاسبه بایستی در ازای هر افزایش حداکثر ۳ متر به فاصله نصب، یک ردیف نقطه در طول مستطیل محاسباتی اضافه گردد. در صورتی که این افزایش در فاصله نصب منجر به تعداد ردیف‌های زوج در طول مستطیل محاسباتی شود، از همان دستورالعمل بند الف استفاده گردد. در غیر اینصورت به

تعداد نقاط زوج ردیف‌های مستطیل محاسباتی از نزدیکترین لبه این مستطیل به ناظر، از همان دستورالعمل استفاده شود. جهت تعیین نقاط اندازه‌گیری در شانه راه نیز بایستی از همین رویه استفاده نمود.

۱۳-۵- تجهیزات اندازه‌گیری شدت روشنایی

۱۳-۵-۱- کلیات

شدت روشنایی که با ابزاری بنام لوکس‌متر اندازه‌گیری می‌شود، می‌بایست مناسب این هدف بوده به‌طوری‌که ضمن قابل حمل بودن، امکان جابجایی و تکرار اندازه‌گیری در نقاط مختلف معبر را داشته باشد. لوکس‌متر باید کالیبره باشد؛ ولی زمانی که اندازه‌گیری شدت روشنایی به منظور کنترل صورت می‌گیرد، کالیبراسیون کامل لوکس‌متر لازم نیست، ولی باید طول عمر این ابزار را در نظر داشت.

برای اندازه‌گیری شدت روشنایی افقی و عمودی، سنسور مخصوص اندازه‌گیری شدت روشنایی سطح مورد نیاز بوده و می‌بایست دقیقاً روی نقاط مشخص شده قرار گیرد.

باید دقت کرد که فرد اندازه‌گیر جلوی نوری که از جهات دیگر به سنسور لوکس‌متر می‌رسد، قرار نگیرد. به همین دلیل بهتر است سنسور با یک کابل به لوکس‌متر متصل شود و یا از لوکس‌متر با یک کابل نگهدارنده از راه دور استفاده کرد. کابل باید آنقدر بلند باشد که ناظر با قرار گرفتن در محل خود مانع نوری که از جهات دیگر به سنسور لوکس‌متر می‌رسد، نشود. استفاده از ابزار ترازکننده، کار نگه داشتن لوکس‌متر را در شیب صحیح نسبت به جهت عمودی تسهیل می‌کند. در موقع اندازه‌گیری باید دقت گردد که جذب بخشی از نور توسط هوا، می‌تواند به اندازه‌ی قابل توجهی از شدت روشنایی نور رسیده به لوکس‌متر بکاهد. حداقل مشخصات فنی لوکس‌متر جهت اندازه‌گیری شدت روشنایی معبر در پیوست ۱ آمده است.

۱۳-۵-۲- ارتفاع و زاویه سنسور لوکس‌متر

(الف) شدت روشنایی افقی (نیم‌کروی)

سطح سنسور لوکس‌متر باید افقی باشد. این صفحه باید در سطح زمین قرار بگیرد؛ اما در جایی که این کار ممکن نباشد، صفحه سنسور می‌تواند حداکثر در ۱۵ سانتیمتری سطح زمین مستقر گردد.

(ب) شدت روشنایی عمودی (استوانه‌ای)

مرکز صفحه سنسور لوکس‌متر باید در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین، بصورت عمودی و در جهت صحیح قرار بگیرد.

۱۳-۶- تجهیزات اندازه‌گیری درخشندگی

درخشندگی سطح معبر باید با درخشندگی‌متر کالیبره شده‌ای که مناسب این کار ساخته شده، اندازه‌گیری شود. بیشتر مواردی که در خصوص تجهیزات اندازه‌گیری شدت روشنایی به آنها اشاره شده، همانند قابلیت جابجایی، باید در خصوص درخشندگی‌متر نیز مراعات شده باشد. فقط در مقایسه بین این دو اندازه‌گیری باید دقت گردد که شدت روشنایی متوسط از میانگین شدت روشنایی

نقاطی با فواصل مساوی در سطح بدست می‌آید؛ در حالی که درخشندگی متوسط اندازه‌گیری شده با یک بار قرائت، تصویر وزنی از درخشندگی هر نقطه خواهد بود. این امر نباید باعث اختلاف چشم‌گیری در نتایج بدست آمده شود.

به منظور اندازه‌گیری درخشندگی در سطح معابر، میدان دید درخشندگی متر باید به حد کافی کوچک باشد تا امکان تعیین بدون خطای "یکنواختی" نیز در سطح معبر فراهم گردد. این میدان دید باید یک زاویه کروی بوده که کمان آن بیشتر از ۲ دقیقه در جهت عمودی و ۲۰ دقیقه در جهت افقی نباشد. بدین ترتیب مستطیل اندازه‌گیری بر روی سطح معبر نباید عرض بیش‌تر از ۰/۵ متر و طول بیش‌تر از ۲/۵ متر داشته باشد. برای اندازه‌گیری درخشندگی متوسط نیز درخشندگی متر باید این قابلیت را داشته باشد که تنها نور مستطیل محاسباتی را در نظر بگیرد. زاویه دید درخشندگی متر نسبت به بردار عمود بر سطح معبر در نقاط اندازه‌گیری نیز، باید $(89 \pm 0.5)^\circ$ باشد.

همچنین تعداد نقاط تعیین شده در مستطیل اندازه‌گیری مطابق دستورالعمل بخش (۱۳-۴) و محل قرارگیری درخشندگی متر نیز همان محل ناظر می‌باشد.

در این خصوص لازم به یادآوری است که به خاطر تغییر در خواص انعکاس سطح معبر، چه با تغییر فاصله و چه با گذشت زمان، اختلاف بین درخشندگی اندازه‌گیری شده و محاسبه شده وجود خواهد داشت. در چنین مواقعی و به منظور کنترل طراحی می‌توان شدت روشنایی‌های محاسبه شده و اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کرد.

بررسی‌های چشمی در این خصوص نشان داده که ساییدگی و رسوبات روغنی در سطح معبر در هر بخش آن با بخش دیگر متفاوت بوده و این اختلاف‌ها می‌تواند به راحتی در سطح معبر مخصوصاً با رویه دارای رنگ روشن‌تر قابل رؤیت بوده و در میزان درخشندگی اندازه‌گیری شده تأثیرگذار باشد. همچنین رطوبت یا خیسگی معبر نیز به‌طور قابل توجهی درخشندگی معبر را دستخوش تغییر می‌کند.

حداقل مشخصات فنی درخشندگی متر جهت اندازه‌گیری درخشندگی معبر در پیوست ۱ آمده است.

۱۳-۷- دستورالعمل اندازه‌گیری "درخشندگی"

به منظور اندازه‌گیری درخشندگی می‌بایست مراحل زیر به ترتیب انجام پذیرند.

الف - تعیین مستطیل و نقاط محاسباتی و اندازه‌گیری بر روی آن؛

ب - استقرار دستگاه اندازه‌گیری درخشندگی در محل ناظر بر روی پایه‌ای در ارتفاع ۱/۵ متر؛

ج - تعیین نقاط اندازه‌گیری در اولین خط طولی یا عرضی از مستطیل اندازه‌گیری و ثبت مقادیر درخشندگی اندازه‌گیری شده در همه نقاط واقع بر آن خط و سپس ادامه کار اندازه‌گیری بر روی نقاط خط بعدی و تداوم کار تا پایان اندازه‌گیری کلیه نقاط واقع بر مستطیل اندازه‌گیری؛

د - استقرار دستگاه اندازه‌گیری درخشندگی در امتداد خط وسط هر یک از باندهای ترافیکی و همچنین شانه راه در فاصله ۶۰ متری از مستطیل اندازه‌گیری و در ارتفاع ۱/۵ متری و سپس ثبت مقادیر درخشندگی هر یک از "نقاط اندازه‌گیری" واقع شده بر روی خطوط مزبور. این اندازه‌گیری اضافی جهت استفاده در محاسبه U_L بوده و مقادیر حاصل می‌بایست بطور جداگانه ثبت گردند.

توصیه می‌شود که عملیات اندازه‌گیری برای یک باند ترافیکی انجام شود و در صورتی که مقدار U_L اندازه‌گیری شده به اندازه قابل توجهی از حداقل U_L مورد نیاز در این گونه راهها بیشتر باشد، این پارامتر در باندهای ترافیکی دیگر اندازه‌گیری نگردد. در موقع تعیین نقاط اندازه‌گیری لازم است دقت شود که نحوه علامت‌گذاری نقاط، خللی در میزان درخشندگی آن نقاط ایجاد ننماید. در این خصوص استفاده از نوار علامت‌گذاری این امکان را فراهم می‌سازد که پس از تنظیم دستگاه اندازه‌گیری بر روی نقطه مورد نظر، با برداشتن نوار نسبت به اندازه‌گیری درخشندگی آن نقطه از رویه سطح معبر اقدام شود. نوار علامت‌گذاری می‌تواند به شکل "4" و به ابعاد (25×25) سانتیمتر از جنس پلاستیک و یا فلز باشد.

۱۳-۸- دستورالعمل اندازه‌گیری "شدت روشنایی"

به منظور اندازه‌گیری شدت روشنایی می‌بایست مراحل زیر به ترتیب انجام پذیرند.

الف - تعیین مستطیل اندازه‌گیری و محدوده آن؛

ب - تعیین نقاط اندازه‌گیری در اولین خط طولی یا عرضی از مستطیل اندازه‌گیری؛

ج - استقرار سنسور دستگاه اندازه‌گیری بر روی سطح معبر در هر یک از نقاط تعیین شده و انجام اندازه‌گیری در هر یک از آنها و سپس ادامه کار بر روی نقاط خط بعدی و تداوم کار تا پایان اندازه‌گیری کلیه نقاط واقع بر مستطیل اندازه‌گیری.

در موقع استقرار سنسور بر روی سطح معبر لازم است دقت شود که به صورت افقی نصب گردیده و ارتفاع قرارگیری آن نسبت به سطح معبر از ۱۵ سانتیمتر تجاوز ننماید.

۱۳-۹- گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل همه اطلاعاتی که در طول اندازه‌گیری جمع شده‌اند، باشد. در پیوست ۲ یک نمونه گزارش آزمون آمده است.

پیوست ۱۳-۱- حداقل مشخصات فنی دستگاه‌های اندازه‌گیری روشنایی در معابر و راهنمای انتخاب مناسب آنها

مقدمه

به منظور اندازه‌گیری میزان روشنایی معابر با توجه به نوع معابر و کاربری آنها، لازم است که بتوان "شدت روشنایی" و "درخشندگی" معبر را اندازه گرفت. جهت اندازه‌گیری "شدت روشنایی" از "لوکس‌متر" و برای اندازه‌گیری درخشندگی از "درخشندگی‌متر" استفاده می‌گردد. این دستگاه‌ها با معیارهای مختلف خطایی که برای آنها تعریف گردیده و در بعضی از استانداردها با کلاس دقت‌های متفاوتی که در مشخصات فنی آنها ذکر می‌گردد، مشخص شده و ساخته می‌شوند. در این بخش و به منظور انتخاب مناسب آنها، ابتدا کلاس‌بندی‌های مختلف "لوکس‌متر" و "درخشندگی‌متر" براساس استاندارد DIN 5032-7 بیان گردیده و سپس براساس استاندارد CIE، معیارهای خطای قابل قبول دستگاه‌های مزبور و چگونگی انتخاب مناسب‌ترین آنها مشخص گردیده است.

پ-۱۳-۱-۱- تعریف کلاس‌بندی لوکس‌متر و درخشندگی‌متر مبتنی بر استاندارد DIN 5032-7

در این استاندارد راهنمای کلاس‌بندی دستگاه‌های اندازه‌گیری فتومتر فیزیکی مشتمل بر لوکس‌متر و درخشندگی‌متر آمده است. هدف از کلاس‌بندی، تشریح دقت اندازه‌گیری و همچنین امکان مقایسه دستگاه‌های با کلاس‌های مختلف می‌باشد.

پ-۱۳-۱-۱-۱- کلاس‌بندی لوکس‌متر

لوکس‌متر دستگاهی جهت اندازه‌گیری شدت روشنایی در یک محدوده مشخص (نقاط اندازه‌گیری) می‌باشد. در این دستگاه نور می‌بایست بصورت مستقیم به گیرنده آن برخورد کند. در این راستا دقت دستگاه با یک ضریب خطا بنام f_2 مشخص می‌گردد. همچنین میزان اندازه‌گیری می‌بایست براساس منحنی حساسیت روشنایی چشم انسان در روز یا $V(\lambda)$ باشد که در این راستا نیز دقت دستگاه با ضریب خطای f_1 مشخص می‌شود. برای لوکس‌متر علاوه بر ضرایب خطای فوق‌الذکر، ضرایب خطای دیگری نیز تعریف شده و در نهایت یک ضریب خطای مجموع یا f_{sum} تعریف می‌گردد بطوری که معین‌کننده میزان کل خطای دستگاه می‌باشد. در نهایت، با توجه به ضرایب خطای مختلف تعریف شده و محدوده‌های آنها، دستگاه لوکس‌متر در ۴ کلاس به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف- کلاس L: دستگاه با بالاترین دقت

ب- کلاس A: دستگاه با دقت بالا

ج- کلاس B: دستگاه با دقت متوسط

د- کلاس C: دستگاه با دقت پایین

معیار خطا				علامت اختصاری	حداکثر خطای دستگاه اندازه‌گیری در کلاس دقت			
C	B	A	L					
منحنی حساسیت روشنایی چشم در روز - $V(\lambda)$				f_1	٪۱/۵	٪۳	٪۶	٪۹
حساسیت به ماوراء بنفش - UV				u	٪۰/۲	٪۱	٪۲	٪۴
حساسیت به مادون قرمز - IR				r	٪۰/۲	٪۱	٪۲	٪۴
خطای ارزیابی جهت یا کسینوسی				f_2	^(۱)	٪۱/۵	٪۳	٪۶
خطای ارزیابی شدت روشنایی کروی E_0				$f_{2,0}$	^(۱)	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
خطای ارزیابی شدت روشنایی استوانه‌ای E_z				$f_{2,z}$	^(۱)	٪۵	٪۱۰	٪۱۵
خطای ارزیابی شدت روشنایی نیمه استوانه‌ای E_{zh}				$f_{2,zh}$	^(۱)	٪۵	٪۱۰	٪۱۵
خطای خطی				f_3	٪۰/۲	٪۱	٪۲	٪۵
خطای نمایشگر				f_4	٪۰/۲	٪۳	٪۴/۵	٪۷/۵
خطای خستگی و پیری				f_5	٪۰/۱	٪۰/۵	٪۱	٪۲
خطای ضرایب حرارتی				α_0, α_{25}	٪۰/۱/K	٪۰/۲/K	٪۱/K	٪۲/K
خطای مدولاسیون نور				f_7	٪۰/۱	٪۰/۲	٪۰/۵	٪۱
خطای تنظیم				f_{11}	٪۰/۱	٪۰/۵	٪۱	٪۲
خطای کلی ^(۲)				f_{ges}	٪۳ ^(۳)	٪۵ ^(۴)	٪۱۰ ^(۴)	٪۲۰ ^(۴)
حد پایین فرکانس				f_u	۴۰ Hz	۴۰ Hz	۴۰ Hz	۴۰ Hz
حد بالای فرکانس				f_o	۱۰ ^۵ Hz	۱۰ ^۵ Hz	۱۰ ^۴ Hz	۱۰ ^۴ Hz

(۱) در صورتی که اندازه‌گیری برای حالت تابش مستقیم پرتوهای نورانی نباشد، خطای کلاس دقت A عیناً در نظر گرفته می‌شود.

(۲) خطای کلی به معنای میزان عدم قطعیت و اطمینان در هنگام کالیبره کردن می‌باشد.

(۳) عبارت از مجموع مقادیر $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_7$ و f_{11} می‌باشد.

(۴) عبارت از مجموع مقادیر $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_7$ و f_{11} می‌باشد.

پ-۱۳-۱-۱-۲- کلاس بندی درخشندگی متر

همانند لوکس متر، دستگاه درخشندگی متر نیز به ۴ کلاس دقت به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف- کلاس L: دستگاه با بالاترین دقت

ب- کلاس A: دستگاه با دقت بالا

ج- کلاس B: دستگاه با دقت متوسط

د- کلاس C: دستگاه با دقت پایین

در جدول (پ-۱۳-۲) نیز میزان ضرایب خطا برای کلاس دقت‌های مختلف درخشندگی متر مشخص گردیده است. در این جدول، مجموع ضرایب خطا برای کلاس L حداکثر برابر با ۵٪، کلاس A برابر با ۷/۵٪، کلاس B برابر با ۱۰٪ و کلاس C برابر با ۲۰٪ تعریف گردیده است.

جدول (پ-۱۳-۲): محدوده‌های خطای تعریف شده برای معیارهای خطای دستگاه اندازه‌گیری درخشندگی متر در کلاس‌های دقت

C و B، A، L

معیار خطا				علامت اختصاری	حداکثر خطای دستگاه اندازه‌گیری در کلاس دقت
منحنی حساسیت روشنایی چشم در روز- $V(\lambda)$				f_1	C ۹٪
حساسیت به ماوراء بنفش-UV				u	B ۲٪
حساسیت به مادون قرمز-IR				r	A ۱٪
خطای ارزیابی جهتی مستقیم				$f_2(g)$	L ۲٪
خطای ارزیابی جهتی غیر مستقیم				$f_2(u)$	
خطای خطی				f_3	
خطای نمایشگر				f_4	
خطای خستگی و پیری				f_5	
خطای ضرایب حرارتی				α_0, α_{25}	
خطای مدولاسیون نور				f_7	
خطای پلاریزاسیون نور				f_8	
خطای تنظیم				f_{11}	
خطای فوکوس				f_{12}	
خطای کلی ^(۱)				f_{ges}	
حد پایین فرکانس				f_u	
حد بالای فرکانس				f_o	

(۱) خطای کلی به معنای میزان عدم قطعیت و اطمینان در هنگام کالیبره کردن می‌باشد.

(۲) عبارت از مجموع مقادیر $f_1, u, r, f_2(g), f_2(u), f_3, f_4, f_5, f_7, f_8, f_{11}, f_{12}$ می‌باشد.

(۳) عبارت از مجموع مقادیر $f_1, u, r, f_2(g), f_2(u), f_3, f_4, f_5, f_7, f_8, f_{11}, f_{12}$ می‌باشد.

پ-۱۳-۱-۲- کلاس بندی درخشندگی متر

براساس استاندارد CIE، حداکثر خطای اندازه‌گیری قابل قبول برای لوکس متر $\pm 5\%$ و برای درخشندگی متر $\pm 4\%$ می‌باشد.

در جداول (پ-۱۳-۳) و (پ-۱۳-۴) خلاصه‌ای از خطاهای قابل انتظار از دستگاه‌های سنجش شدت روشنایی و درخشندگی براساس این استاندارد آمده است. در این استاندارد تأکید گردیده که برای کلیه فتومترها، $V(\lambda)$ مهم‌ترین مشخصه بوده و بایستی حتی‌الامکان کوچک باشد.

جدول (پ-۱۳-۳): پارامترهای خطای قابل قبول دستگاه سنجش شدت روشنایی براساس استاندارد CIE

توضیحات	مقدار حداکثر	علامت اختصاری	مشخصه
بازده نوری بینایی چشم انسان جهت رویت در روز	2%	f_1	$V(\lambda)$
نسبت سیگنال $Y(UV)$ هنگامی که سر فتومتر با یک منبع UV معینی همراه با یک فیلتر UV نورافشانی می‌شود، به سیگنال Y وقتی که با همان منبع نورانی ولی بدون فیلتر UV پرتوافکنی میشود.	0.2%	u	UV response
نسبت سیگنال $Y(IR)$ هنگامی که سر فتومتر با یک لامپ تنگستن هالوژن نورافشانی شده و با یک فیلتر IR معین ترکیب شده است، به سیگنال Y وقتی که با همان منبع نورانی ولی بدون فیلتر IR پرتوافکنی می‌شود.	0.2%	r	IR response
خطای ناشی از ارزیابی جهتی یا کسینوسی	1.5%	f_2	Cosine response
تناسب کمیت خروجی آشکارساز با کمیت ورودی در محدوده مشخصی از سطوح ورودی	0.2%	f_3	Linearity error
تغییر زودگذر برگشت پذیر در پاسخ دستگاه تحت شرایط ثابت بهره‌برداری که در اثر روشن شدن رخ می‌دهد	0.2%	f_5	Fatigue
میزان وابستگی سیگنال خروجی اندازه‌گیر به شرایط پلاریزاسیون نور اندازه‌گیری شده	2%	f_8	Polarization

جدول (پ-۱۳-۴): پارامترهای خطای قابل قبول دستگاه‌های سنجش درخشندگی براساس استاندارد CIE

توضیحات	مقدار حداکثر	علامت اختصاری	مشخصه
بازده نوری بینایی چشم انسان جهت رویت در روز	3%	f_1	$V(\lambda)$
نسبت سیگنال Y(UV) هنگامی که سر فتومتر با یک منبع UV معینی همراه با یک فیلتر UV نورافشانی می‌شود، به سیگنال Y وقتی که با همان منبع نورانی ولی بدون فیلتر UV پرتوافکنی می‌شود.	0.2%	u	UV response
نسبت سیگنال Y(IR) هنگامی که سر فتومتر با یک لامپ تنگستن هالوژن نورافشانی شده و با یک فیلتر IR معین ترکیب شده است، به سیگنال Y وقتی که با همان منبع نورانی ولی بدون فیلتر IR پرتوافکنی می‌شود.	0.2%	r	IR response
تعیین میزان تأثیر نور مستقیم تابیده شده از خارج از سطح اندازه‌گیری بر اندازه‌گیری درخشندگی سطح مورد نظر	2%	$f_2(g)$	Directional response
تعیین میزان تأثیر نور غیر مستقیم تابیده شده از محیط اطراف سطح اندازه‌گیری بر اندازه‌گیری درخشندگی سطح مورد نظر	1%	$f_2(u)$	Effect from surrounding field
تناسب کمیت خروجی آشکارساز با کمیت ورودی در محدوده مشخصی از سطوح ورودی	0.2%	f_3	Linearity error
تغییر زودگذر برگشت‌پذیر در پاسخ دستگاه، تحت شرایط ثابت بهره‌برداری که در اثر روشن شدن رخ می‌دهد	0.1%	f_5	Fatigue
میزان وابستگی سیگنال خروجی اندازه‌گیر به شرایط پلاریزاسیون نور اندازه‌گیری شده	0.1%	f_8	Polarization
میزان تأثیر تغییر فاصله سطح اندازه‌گیری بر خطای مقدار اندازه‌گیری شده توسط دستگاه	0.4%	f_{12}	Errors of focus

پ-۱۳-۱-۳- راهنمای انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری روشنایی معابر

با توجه به استاندارد CIE، حداقل معیارهای خطای دستگاه‌های اندازه‌گیری شدت روشنایی و درخشندگی برای اندازه‌گیری روشنایی معابر بیان شده‌اند. در این استاندارد با تأکید بر رعایت خطای f_1 ، میزان خطای کلی برای هر یک از دستگاه‌ها بیان گردیده که حتی‌الامکان می‌بایست در موقع انتخاب دستگاه مورد نظر رعایت گردد. در این خصوص لازم به ذکر است که برخی از سازندگان این دستگاه‌ها که از استاندارد DIN مربوطه تبعیت می‌کنند، کلاس دقتی برای دستگاه تعریف می‌کنند بطوری که ممکن است برای آن دستگاه، فقط یکی از معیارهای خطا از مقادیر قید شده در جدول (پ-۱۳-۱) و (پ-۱۳-۲)، برای داشتن کلاس دقتی بالاتر تخطی کرده باشد، در این صورت دستگاه مزبور در کلاس دقت پایین‌تر قرار داده می‌شود. به همین دلیل می‌بایست هر یک از معیارهای خطای قید شده برای دستگاه از طرف سازنده، با میزان تعریف شده برای آن معیار در استاندارد CIE مطابقت داده شده و در صورت برآورده شدن آن دسته از حدود خطاها، دستگاه مزبور مورد پذیرش قرار گیرد.

پ-۱۳-۱-۳-۱- معیارهای مهم انتخاب دستگاه اندازه‌گیری شدت روشنایی (لوکس‌متر)

در موقع انتخاب دستگاه اندازه‌گیری شدت روشنایی (لوکس‌متر) مناسب، معیارهایی که می‌بایست مدنظر قرار داده شوند عبارتند از:

الف- دقت اندازه‌گیری دستگاه

بدین منظور می‌بایست معیارهای خطای دستگاه از سازنده مربوطه اخذ و با مطابقت با جدول (پ-۱۳-۳)، دستگاه مناسب انتخاب گردد. همچنین اگر برای دستگاه مورد نظر کلاس دقت تعریف شده باشد در آن صورت دستگاه‌هایی با کلاس دقت A و یا نهایتاً با کلاس دقت B به شرطی که ضریب خطای f_1 آن در حول و حوش مقدار داده شده در جدول (پ-۱۳-۳) باشد، مورد قبول می‌باشند.

ب- محدوده اندازه‌گیری دستگاه

محدوده اندازه‌گیری دستگاه می‌بایستی از بازه بین حداقل ۰/۱ لوکس تا حداکثر ۲۰,۰۰۰ لوکس کمتر نباشد.

ج- قابلیت کاربرد بیرونی (outdoor) دستگاه

د- قابلیت کاربرد دستگاه در محدوده مناسب تغییرات درجه حرارت

دستگاه اندازه‌گیری باید قابلیت کار در محدوده دمای محیط بین صفر تا ۵۰ درجه سانتیگراد را داشته باشد.

ه- قابلیت کاربرد در محیط رطوبی

دستگاه اندازه‌گیری باید قابلیت کار در محیط مرطوب را داشته و حداقل تا رطوبت ۸۰٪ را پاسخگو باشد.

پ-۱۳-۱-۲-۳- معیارهای مهم انتخاب دستگاه اندازه‌گیری درخشندگی متر

در موقع انتخاب دستگاه درخشندگی متر مناسب، معیارهایی که می‌بایست مدنظر قرار داده شوند عبارتند از:

الف- دقت اندازه‌گیری دستگاه

در خصوص این دستگاه اندازه‌گیری نیز می‌بایست معیارهای خطای دستگاه از سازنده مربوطه اخذ و با مطابقت با جدول (پ-۱۳-۴)، دستگاه مناسب انتخاب گردد. همچنین اگر برای این دستگاه نیز کلاس دقت تعریف شده باشد در آن صورت دستگاه‌هایی با کلاس دقت A مورد قبول می‌باشند.

ب- محدوده اندازه‌گیری دستگاه

محدوده اندازه‌گیری دستگاه می‌بایستی از بازه بین حداقل 0.1 cd/m^2 تا حداکثر 1000 cd/m^2 کمتر نباشد.

ج- حداقل دقت مقادیر اندازه‌گیری

حداقل دقت مقادیر قابل اندازه‌گیری دستگاه 0.1 cd/m^2 باشد.

د- زاویه میدان دید دستگاه

حداقل زاویه میدان دید دستگاه ۲ دقیقه در ۲۰ دقیقه باشد.

ه- قابلیت کاربرد بیرونی (outdoor) دستگاه

و- قابلیت کاربرد دستگاه در محدوده مناسب تغییرات درجه حرارت

دستگاه اندازه‌گیری باید قابلیت کار در محدوده دمای محیط بین صفر تا ۵۰ درجه سانتیگراد را داشته باشد.

ز- قابلیت کاربرد در محیط رطوبی

دستگاه اندازه‌گیری باید قابلیت کار در محیط مرطوب را داشته و حداقل تا رطوبت ۸۰٪ را پاسخگو باشد.

پیوست ۱۳-۲- نمونه گزارش آزمون

پ-۱۳-۲-۱- اطلاعات کلی آزمون

نام محل	
تاریخ آزمون	
زمان آزمون	
اسامی پرسنل حاضر در آزمون	

پ-۱۳-۲-۲- اطلاعات هندسی

نقشه معبر و مرزهای آن با ابعاد و محل چراغ‌ها و در صورت امکان ضمیمه کردن عکس؛
محل تجهیزات معبر، وسایل نقلیه پارک شده و سایر موانع؛

پ-۱۳-۲-۳- داده‌های سطح معبر

نوع سطح معبر	
عمر سطح معبر	
مشاهدات شرایط سطح معبر	

پ-۱۳-۲-۴- داده‌های مربوط به لامپ و چراغ

چراغ نوع ۱	مشخصات	
	شماره جدول پخش نور	
	زاویه بازو (درجه)	
	ارتفاع نصب (m)	
	عمر	
	آخرین تاریخ نظافت چراغ	
	روش نصب	
	سایر اطلاعات	
لامپ‌های داخل چراغ نوع ۱	نوع	
	توان (W)	
	عمر	
	تعداد	
	بالاست	
	روش مورد استفاده جهت کاهش نور	
چراغ نوع ۲	مشخصات	
	شماره جدول پخش نور	
	زاویه بازو (درجه)	
	ارتفاع نصب (m)	
	عمر	
	آخرین تاریخ نظافت چراغ	
	روش نصب	
	سایر اطلاعات	
لامپ‌های داخل چراغ نوع ۲	نوع	
	توان (W)	
	عمر	
	تعداد	
	بالاست	
	روش مورد استفاده جهت کاهش نور	

پ-۱۳-۲-۵- منبع تغذیه

متوسط ولتاژ در زمان اندازه‌گیری (V)	
کمترین ولتاژ در زمان اندازه‌گیری (V)	

پ-۱۳-۲-۶- شرایط محیطی

شرایط محیطی	شروع	پایان
آب و هوا (رطوبت)		
دما (°C)		
وضوح (قابلیت دید)		
سطح معبر (خیس، خشک یا مرطوب)		

پ-۱۳-۲-۷- شرایط نصب

هندسه تأسیسات	
زاویه بازوی چراغ	
چگونگی تعمیر و نگهداری چراغ	
نور خارجی	
موانع نور	
سایر جنبه‌های نصب	

پ-۱۳-۲-۸- تجهیزات اندازه‌گیری

نوع وسیله اندازه‌گیری	سازنده	مدل	تعداد وسیله	تاریخ کالیبراسیون ^۱	نام مرجع تایید کننده ^۱
شدت روشنایی سطح					
شدت روشنایی نیم‌کروی					
شدت روشنایی استوانه‌ای					
زاویه دید درخشندگی متر عمودی: عرضی:					
ولت‌متر					

(۱) در صورت درخواست

نوع اندازه‌گیری	
ارتفاع سنسور اندازه‌گیر (m)	
شماره شناسایی اندازه‌گیر	
محدوده(های) استفاده شده	
توجه - بر روی جدول، محل چراغ‌ها، فواصل نقاط اندازه‌گیری در طول و عرض معبر، مقادیر نوری هر نقطه، محل قرارگیری درخشندگی سنخ نسبت به مستطیل اندازه‌گیری و همچنین جهت یا جهت‌های قابل استفاده برای شدت روشنایی نیم‌استوانه‌ای و عمودی مشخص گردد.	