



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۵۶۷

چاپ اول

تیر ۱۳۸۵

ISIRI

8567

1st.edition

JUL. 2006

پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری

Non -ionizing radiation - Exposure limits

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

فهرست مندرجات صفحه

ب پیش گفتار

۱ ۱. هدف

۱ ۲. دامنه کاربرد

۱ ۳. اصطلاحات و تعاریف

۱۱ ۴. طبقه بندی انواع پرتوهای الکترومغناطیسی غیر یونساز و حدود آنها

پیش گفتار

استاندارد "پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری" که پیش نویس آن توسط امور حفاظت در برابر اشعه کشور در کمیسیون های مربوط تهیه و تدوین شده در یکصد و بیست و دومین جلسه کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۸۵/۳/۱۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات استانداردهای ملی ایران در موقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استاندارد ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود. منابع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

1. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent optical Radiation (0.38 to 3 μm) Health physics. Volume 73, Number 3, 1997.
2. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics Volume 66, Number 1994.

3. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Health Physics Volume 74, Number 4, 1998.
4. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics Volume 87, Number 2, 2004.
5. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Interim Guidelines on Limits of Human exposure to Airborne Ultrasound. Health Physics Volume 46, Number 42, 1984.
6. International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA/INIRC). Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation. Health Physics Volume 56, Number 6, 1989.
7. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Review of Concepts, Quantities, Units and Terminology for Non-ionizing Radiation Protection. Health Physics. Volume 49, Number 6, 1985.

پرتوهای غیر یونساز - محدود پرتوگیری

۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین حدود پرتوهای غیر یونساز به منظور اِعمال حفاظت کافی در برابر اثرات بیولوژیکی زیانبار و قطعی است، که تاکنون برای این پرتوها شناخته شده است.

۲ دامنه کاربرد

کلیه‌ی مراکز کار با پرتوهای غیر یونساز ملزم به رعایت این استاندارد می‌باشند. همچنین کلیه‌ی مراکزی که از پرتوهای غیر یونساز به‌هرنحو استفاده می‌کنند باید شرایط استقرار تأسیسات را به‌گونه‌ای فراهم کنند که این استاندارد رعایت شود.

حدود پرتو برای پرتوگیری شغلی و پرتوگیری مردم، جداگانه در نظر گرفته می‌شود. این حدود برای پرتوگیری پزشکی قابل اعمال نیست.

رعایت این استاندارد برای تضمین کیفیت کالاهای تولیدکننده پرتوهای غیر یونساز کافی نیست و باید استانداردهای مربوط به تولید آنها نیز رعایت شود.

این استاندارد برای منابع نوری لیزری کاربرد ندارد و برای لیزرها باید استاندارد خاص لیزر رعایت شود.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و/یا واژه‌ها با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳ اثرات قطعی^۱

اثراتی از پرتو است که قطعاً در اثر پرتوگیری در میدان‌های بالاتر از آستانه معینی ظاهر می‌شود.

1-Deterministic effects

۳-۲ اکتاوا^۱

یک محدوده فرکانس (بسامد) است به نحوی که فرکانس بالایی محدوده، دو برابر کمترین فرکانس آن محدوده باشد.

۳-۳ پرتو^۲

رجوع شود به تعریف پرتوهای غیر یونساز.

۳-۴ پرتو دریافتی^۳

نسبت انرژی تابشی داده شده به جزئی از یک سطح به مساحت آن جزء است و یکای آن در سیستم بین المللی یکاها، ژول بر مترمربع می باشد.

۳-۵ پرتوگیری^۴

عمل یا شرایط قراردادن یا قرار گرفتن در معرض تابش پرتواست. پرتوگیری را می توان به صورت پرتوگیری عادی یا بالقوه و یا به صورت پرتوگیری شغلی، پزشکی و مردم طبقه بندی نمود.

۳-۶ پرتوگیری پزشکی^۵

پرتوگیری بیمار به واسطه تشخیص یا درمان در پزشکی و دندانپزشکی و همچنین پرتوگیری افرادی (به استثنای کارکنان) که داوطلب مراقبت یا پرستاری بیمار هستند و یا پرتوگیری افرادی که داوطلب شرکت در برنامه تحقیقاتی پزشکی می باشند، است.

-
- 1-Octave band
 - 2- Radiation
 - 3- Radiant exposure
 - 4- Exposure
 - 5- Medical exposure

۷-۳ پرتوگیری شغلی^۱

پرتوگیری کارکنان به هنگام کار، است.

۸-۳ پرتوگیری طبیعی^۲

پرتوگیری ناشی از منابع طبیعی پرتو، است.

۹-۳ پرتوگیری عادی^۳

پرتوگیری قابل انتظار در شرایط عادی کار با منابع یا تأسیسات با در نظر گرفتن پرتوگیری ناشی از سوانح جزئی قابل کنترل، است.

۱۰-۳ پرتوگیری مردم^۴

پرتوگیری طبیعی و نیز پرتوگیری افراد جامعه ناشی از فعالیت‌های پرتوی و منابع مجاز است. پرتوگیری مردم شامل پرتوگیری شغلی و پزشکی نمی‌باشد.

۱۱-۳ پرتوگیری دریافتی مؤثر^۵

حاصل ضرب چگالی مؤثر پرتو (رجوع شود به تعریف چگالی مؤثر پرتو) در مدت زمان پرتوگیری می‌باشد.

۱۲-۳ پرتوهای غیر یونساز^۶

پرتوهایی که قادر به یونسازی در بدن انسان نیستند. این پرتوها شامل پرتوهای الکترومغناطیسی که انرژی یک فوتون آنها برای یونسازی کافی نیست و پرتوهای مکانیکی صوتی و فراصوتی است.

-
- 1- Occupational exposure
 - 2- Natural exposure
 - 3- Normal exposure
 - 4- Public exposure
 - 5- Effective radiant exposure
 - 6- Non-ionizing radiation

۱۳-۳ تابندگی^۱

توان تابشی از واحد سطح یک منبع تابش کننده در واحد زاویه فضایی است. تابندگی معادل شار خارج شده از واحد سطح در واحد زاویه فضایی می باشد. تابندگی برای منبع نور تعریف می شود. یکای آن در سیستم بین المللی یکاها (SI) وات بر مترمربع بر استرادیان است.

۱۴-۳ تابندگی مؤثر^۲

تابندگی مؤثر از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$L_{\text{eff}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

که در آن:

$$L_{\lambda} = \text{تابندگی در طول موج } \lambda$$

$R(\lambda) =$ ضریب خطرناکی طول موج برای شبکه و با در نظر گرفتن حساسیت شبکه به طول موج های مختلف تعیین می شود؛

$\Delta\lambda =$ فاصله دو طول موج متوالی که در آن ها L_{λ} دو طول موج اندازه گیری می شود و یکای آن، نانومتر است؛ و

λ_1 و $\lambda_2 =$ طول موج هایی که تابندگی مؤثر بین آن ها به دست می آید.

یکای تابندگی مؤثر در سیستم بین المللی یکاها وات بر مترمربع بر استرادیان است.

۱۵-۳ تراز فشار صوت^۳

کمیتی است که از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P}{P_r} = 10 \log \frac{I}{I_r} \quad (2)$$

-
- 1- Radiance
 - 2- Effective radiance
 - 3- Sound pressure level-SPL

که در آن:

$P =$ فشار صوت (رجوع شود به تعریف فشار صوت)؛

$P_r =$ فشار صوت مبنا (رجوع شود به تعریف فشار صوت مبنا)؛

$I =$ شدت صوت (رجوع شود به تعریف شدت صوت)؛ و

$I_r =$ شدت صوت مبنا (رجوع شود به تعریف شدت صوت مبنا).

۱۶-۳ چگالی پرتو^۱

در یک نقطه نسبت توان تابیده شده به جزئی از یک سطح به مساحت آن جزء است و یکای آن در سیستم بین المللی یکاها وات بر مترمربع است.

۱۷-۳ چگالی توان^۲

توان تابیده شده به یک کره کوچک تقسیم بر مساحت دایره عظیمه‌ی کره می باشد و یکای این کمیت در سیستم بین المللی یکاها وات بر مترمربع است. در میدان های الکترومغناطیسی چگالی توان با بزرگی بردار پوینتینگ^۳ نیز برابر است:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

(۳)

که در آن:

$\vec{S} =$ بردار پوینتینگ؛

$\vec{E} =$ شدت میدان الکتریکی (رجوع شود به تعریف شدت میدان الکتریکی)؛ و

$\vec{H} =$ شدت میدان مغناطیسی (رجوع شود به تعریف شدت میدان مغناطیسی).

1- Irradiance
2- Power density
3- Pointing Vector

۱۸-۳ چگالی شار مغناطیسی^۱

بزرگی برداری است مماس بر خط میدان مغناطیسی که از فرمول زیر به دست می آید:

$$B = \frac{F}{IL \sin \theta} \quad (۴)$$

که در آن:

I = شدت جریان گذرنده از سیمی به طول L که در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد و راستای

آن با راستای خطوط میدان زاویه θ می سازد؛ و

F = بزرگی نیرویی که توسط میدان مغناطیسی به سیم فوق وارد می شود.

یکای B در سیستم بین المللی یکاها، تسلا است.

۱۹-۳ چگالی توان موج تخت^۱

چگالی توان در میدان دور است. در میدان نزدیک چگالی توان معادل موج تخت برابر است با:

$$S_{eq} = \frac{E^2}{120 \pi} = H^2 \times 120 \pi \quad (۵)$$

که در آن:

S_{eq} = چگالی توان معادل موج تخت؛

E = شدت میدان الکتریکی؛ و

H = شدت میدان مغناطیسی.

۲۰-۳ چگالی مؤثر پرتو^۲

1- Magnetic flux density

کمیتی است که با در نظر گرفتن حساسیت بدن به طول موج های مختلف توسط فرمول زیر محاسبه می شود و یکای آن در سیستم بین المللی یکاها وات بر متر مربع است:

$$E_{\text{eff}} = \sum E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta_{\lambda} \quad (6)$$

که در آن:

E_{λ} = شدت پرتو در طول موج λ بر حسب وات بر متر مربع بر نانومتر؛

S_{λ} = ضریب نسبی تاثیر پرتو در طول موج های مختلف، بر بدن انسان؛ این ضریب واحد ندارد؛ و

Δ_{λ} = فاصله دو طول موج متوالی که E_{λ} در آن دو طول موج اندازه گیری می شود. یکای Δ_{λ} نانومتر است.

۳-۲۱ چگالی متوسط توان^۳

از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\bar{S} = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \quad (7)$$

که در آن:

\bar{S} = چگالی متوسط توان بر حسب وات بر متر مربع؛

T = دوره تناوب بر حسب ثانیه است؛ و

$S(t)$ = چگالی لحظه ای توان بر حسب وات بر متر مربع.

۳-۲۲ حد^۱

2- Plane wave power density

1- Effective irradiance

2- Average Power density

مقداری از یک کمیت است که در شرایط و یا فعالیت‌های مشخص به کار رفته‌است و نباید از آن بیشتر شود.

۳-۲۳ شدت صوت^۲

مقدار انرژی مکانیکی عبوری از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت در هرثانیه است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها وات بر مترمربع می باشد.

۳-۲۴ شدت صوت مبنا^۳

کمترین شدت صوتی است که گوش انسان در حساس‌ترین فرکانس قادر به شنیدن آن می‌باشد. حساس‌ترین فرکانس برای گوش تقریباً یک کیلوهرتز، و شدت صوت مبنا 10^{-12} وات بر مترمربع است.

۳-۲۵ شدت مؤثر میدان الکتریکی^۴

جذر میانگین مربع شدت میدان الکتریکی در مدت زمان t از ساعات کار است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها نیوتن بر کولن یا ولت بر متر می‌باشد.

$$E_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t E^2(t') dt'} \quad (۸)$$

که در آن:

E = شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر؛ و

t = مدت زمان بر حسب ثانیه.

۳-۲۶ شدت مؤثر میدان مغناطیسی^۵

-
- 1- Limit
 - 2- Sound intensity
 - 3- Reference sound intensity
 - 4- Effective electric field strength
 - 1- Effective magnetic field strength

جذر میانگین مربع شدت میدان مغناطیسی در مدت زمان t است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها آمپر بر متر می‌باشد.

$$H_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t H'(t') dt'} \quad (9)$$

که در آن:

H = شدت میدان مغناطیسی؛ و

t = مدت زمان است.

۳-۲۷ شدت میدان الکتریکی^۱

اندازه بردار الکتریکی میدان الکترومغناطیسی است که بنابه تعریف با نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی در نقطه مورد نظر از میدان برابر است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها نیوتن بر کولن یا ولت بر متر است.

۳-۲۸ شدت میدان مغناطیسی^۲

اندازه بردار مغناطیسی میدان الکترومغناطیسی است، و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (10)$$

که در آن:

B = چگالی شار مغناطیسی بر حسب تسلا؛ و

μ = تراوانی مغناطیسی محیط بر حسب تسلامتر بر آمپر.

۳-۲۹ فرکانس وسطی اکتاوا^۱

2- Electric field strength
3- Magnetic field strength

فرکانسی که مقدار آن مساوی میانگین بالاترین و پایین‌ترین فرکانس آن اکتاو است و از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$f_o = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (11)$$

که در آن:

f_o = فرکانس وسطی؛

f_H = بالاترین فرکانس اکتاو؛ و

f_L = پایین‌ترین فرکانس اکتاو.

۳-۳۰ فشار صوت^۲

نیروی است که توسط امواج صوتی به واحد سطح وارد می‌شود، و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها نیوتن بر متر مربع یا پاسکال است.

۳-۳۱ فشار صوت مبنا^۳

کمترین فشار صوتی است، که گوش انسان در حساس‌ترین فرکانس (تقریباً یک کیلوهرتز) احساس می‌کند و آن مساوی ۲۰ میکرو پاسکال است.

۳-۳۲ فعالیت پرتوی

هرگونه فعالیت بشری است که منجر به افزایش منابع یا مسیرهای پرتوگیری یا تعداد افراد پرتودیده شود، یا با تغییر مسیرهای پرتوگیری از منابع موجود، باعث افزایش پرتوگیری یا احتمال پرتوگیری افراد و یا تعداد افراد پرتودیده گردد.

۳-۳۳ منبع^۴

-
- 1- Mid frequency of octave band
 - 2- Acoustic pressure
 - 3- Reference acoustic pressure
 - 1- Source

هر عامل تولید یا انتشار پرتوی غیر یونساز است که بتواند باعث پرتوگیری شود.

۳-۳۴ میدان دور^۲ (موج تخت)

ناحیه‌ای است که در آن فرمول زیر بین E و H و S برقرار است:

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = 120\pi H^2 \quad (12)$$

که در آن:

E = شدت میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر؛

H = شدت میدان مغناطیسی بر حسب آمپر بر متر؛ و

S = چگالی توان بر حسب وات بر مترمربع.

در مورد آنتن‌ها، میدان دور تقریباً از فاصله $\frac{2d^2}{\lambda}$ شروع می‌شود که در آن d ، بزرگترین بعد منبع

است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها متر است؛ و

λ طول موج است و یکای آن در سیستم بین‌المللی یکاها متر می‌باشد.

۳-۳۵ میدان نزدیک^۳

ناحیه بین منبع پرتو رادیوئی و میدان دور، میدان نزدیک نامیده می‌شود. در این ناحیه رفتار میدان، تخت نیست.

۴ طبقه‌بندی انواع پرتوهای غیر یونساز و مدود پرتوگیری

جدول ۱، تقسیم‌بندی پرتوهای غیر یونساز را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تقسیم‌بندی پرتوهای الکترومغناطیسی غیر یونساز

-
- 2- Far field
 - 3- Plane wave
 - 4- Near field

ردیف	نوع پرتو	فرکانس به (Hz)	طول موج در هوا
۱	ماوراء بنفش ^۱ (UV)	$7/50 \times 10^{14} - 3 \times 10^{15}$	۱۰۰ - ۴۰۰ (nm)
۲	نور مرئی ^۲ (VS)	$3/85 \times 10^{14} - 7/50 \times 10^{14}$	۴۰۰ - ۷۸۰ (nm)
۳	مادون قرمز ^۳ (IR)	$3/00 \times 10^{11} - 3/85 \times 10^{14}$	۷۸۰ - ۱۰ ^۶ (nm)
۴	مایکروویو ^۴ (MW)	$3/00 \times 10^8 - 3/00 \times 10^{11}$	۱ - ۱۰۰۰ (mm)
۵	رادیویی ^۵ (RF)	$3/00 \times 10^5 - 3/00 \times 10^8$	۱ - ۱۰۰۰ (m)
۶	بسامد کم ^۶ (LF)	$3/00 \times 10^3 - 3/00 \times 10^5$	۱ - ۱۰ (km)
۷	بسامد بسیار کم ^۷ (VLF)	$3/00 - 3/00 \times 10^3$	۱۰ - ۱۰۰۰ (km)
۸	بسامد فوق العاده کم ^۸ (ELF)	< ۳۰۰	> ۱۰۰۰ (km)
۹	فراصوت ^۹ (US)	> ۲۰۰۰۰	-----

-
- 1- Ultraviolet radiation
 - 2- Visible radiation
 - 3- Infrared radiation
 - 4- Microwave radiation
 - 5- Radiofrequency radiation
 - 6- Low frequency radiation
 - 7- Very low frequency radiation
 - 8- Extremely low frequency radiation
 - 9- Ultra sound

۱-۴ محدود پرتوگیری برای پرتوهای الکترومغناطیسی LF, VLF, ELF

MW و RF

۱-۱-۴ محدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی LF, VLF, ELF و RF

MW

جدول ۲، حدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی LF, VLF, ELF و RF و MW

را نشان می‌دهد.

جدول ۲- محدود پرتوگیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی LF, VLF, ELF و RF و MW

مد چگالی توان موج تفت $Seq(\frac{W}{m^2})$	مد چگالی شار مغناطیسی $B(\mu T)$	مد شدت میدان مغناطیسی $H(\frac{A}{m})$	مد شدت میدان الکتریکی $E(\frac{V}{m})$	ممدوده فرکانس (f)	ردیف
-	$2/00 \times 10^5$	$1/63 \times 10^5$	-	$> 0-1 (Hz)$	۱
-	$2 \times 10^5 \div f^2$	$1/63 \times 10^5 \div f^2$	۲۰۰۰۰	۱-۸ (Hz)	۲
-	$2/5 \times 10^2 \div f$	$2 \times 10^2 \div f$	۲۰۰۰۰	۸-۲۵ (Hz)	۳
-	$25 \div f$	$20 \div f$	$500 \div f$	۰/۰۲۵-۰/۸۲ (kHz)	۴
-	۳۰/۷	۲۴/۴	۶۱۰	۰/۸۲-۶۵ (kHz)	۵
-	$2 \div f$	$1/6 \div f$	۶۱۰	۰/۰۶۵-۱ (MHz)	۶
-	$2 \div f$	$1/6 \div f$	$610 \div f$	۱-۱۰ (MHz)	۷
۱۰	۰/۲	۰/۱۶	۶۱	۱۰-۴۰۰ (MHz)	۸
$f \div 40$	$0/01 \sqrt{f}$	$0/008 \sqrt{f}$	$3 \sqrt{f}$	۴۰۰-۲۰۰۰ (MHz)	۹
۵۰	۰/۴۵	۰/۳۶	۱۳۷	۲-۳۰۰ (GHz)	۱۰

ادامه جدول ۲- محدودیت‌گیری شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیسی RF, LF, VLF, ELF و

MW

زیرنویس ۱. در هر سطر یکای فرکانس (f)، همان یکایی است که در آن سطر است.

زیرنویس ۲. در میدان نزدیک، اندازه‌گیری E و H هر دو ضروری است، اما در میدان دور اندازه‌گیری یکی از کمیت‌های E و H و یا S کفایت می‌کند.

زیرنویس ۳. برای فرکانس‌های ۱۰۰ کیلو هرتز الی ۱۰ مگاهرتز، باید مقادیر شدت مؤثر میدان الکتریکی (E)، شدت مؤثر میدان مغناطیسی (H) و چگالی توان موج تخت (Seq) در مدت ۶ دقیقه، با مقادیر جدول مقایسه شود.

زیرنویس ۴. برای بیشینه مقادیر E و H بین ۱۰۰ کیلو هرتز و ۱۰ مگاهرتز، حداکثر مقادیر شدت میدان با استفاده از درون‌یابی^۱ از مقدار ۱/۵ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز تا ۳۲ برابر حد شدت مؤثر E یا H در فرکانس ۱۰ مگاهرتز به دست می‌آید. در فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ مگاهرتز توصیه می‌شود که میانگین چگالی توان موج تخت، روی عرض هر پالس از ۱۰۰۰ برابر حد گفته شده برای (Seq) بیشتر نشود. این معادل آن است که E و H از ۳۲ برابر حدود این میدان‌ها بیشتر نشود.

زیرنویس ۵. برای فرکانس‌های بالاتر از ۱۰ مگاهرتز، Seq، E_{eff} و H_{eff} باید در مدت $\frac{68}{f^{1.5}}$ دقیقه به دست آید، (f بر حسب مگاهرتز است) و با جدول مقایسه شود.

زیرنویس ۶. برای فرکانس کمتر از یک هرتز، حدی برای شدت میدان الکتریکی (E) در نظر گرفته نشده است و تنها جلوگیری از شوک‌های ناشی از تخلیه الکتریکی در این میدان‌ها کافی است.

۲-۱-۴ محدودیت‌گیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی RF, LF, VLF, ELF و

MW

جدول ۳، حدود پرتوگیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی RF, LF, VLF, ELF و MW

را نشان می‌دهد.

1- Interpolation

جدول ۳- محدود پرتوگیری مردم برای پرتوهای الکترومغناطیسی ELF، VLF، LF، RF، و MW

مد پگالی توان موج تخت	مد پگالی شمار مغناطیسی	مد شدت میدان مغناطیسی	مد شدت میدان الکتریکی	ممدوده فرکانس (f)	* ردیف
$S_{eq}(\frac{W}{m^2})$	B(μT)	H($\frac{A}{m}$)	E($\frac{V}{m}$)		
-	$4/00 \times 10^2$	$3/2 \times 10^2$	-	> 1-1 (Hz)	۱
-	$2 \times 10^2 \div f^2$	$3/2 \times 10^2 \div f^2$	۱۰۰۰۰	۱-۸ (Hz)	۲
-	$5000 \div f$	$4000 \div f$	۱۰۰۰۰	۸-۲۵ (Hz)	۳
-	$5 \div f$	$4 \div f$	$250 \div f$	۰/۰۲۵-۰/۸ (kHz)	۴
-	۶/۲۵	۵	$250 \div f$	۰/۸-۳ (kHz)	۵
-	۶/۲۵	۵	۸۷	۳-۱۵۰ (kHz)	۶
-	$0/۹۲ \div f$	$0/۸۳ \div f$	۸۷	۰/۱۵-۱ (MHz)	۷
-	$0/۹۲ \div f$	$0/۸۳ \div f$	$۸۷ \div \sqrt{f}$	۱-۱۰ (MHz)	۸
۲	۰/۰۹۲	۰/۰۷۳	۲۸	۱۰-۴۰۰ (MHz)	۹
$f \div 200$	$0/۰۰۴۶ \sqrt{f}$	$0/۰۰۳۷ \sqrt{f}$	$۱/۳۷۵ \times \sqrt{f}$	۴۰۰-۲۰۰۰ (MHz)	۱۰
۱۰	۰/۲	۰/۱۶	۶۱	۲-۳۰۰ (GHz)	۱۱

زیرنویس ۱. در هر سطر یکای فرکانس (f)، همان یکایی است که در آن سطر است.
 زیرنویس ۲. در میدان نزدیک، اندازه گیری E و H هر دو ضروری است، اما در میدان دور اندازه گیری یکی از کمیت های E و H یا S کفایت می کند.
 زیرنویس ۳. برای فرکانس های ۱۰۰ کیلوهرتز الی ۱۰ مگاهرتز، باید مقادیر شدت مؤثر میدان الکتریکی (E)، شدت مؤثر میدان مغناطیسی (H) و چگالی توان موج تخت (S_{eq}) در مدت ۶ دقیقه، با مقادیر جدول مقایسه شود.
 زیرنویس ۴. برای بیشینه مقادیر E و H بین ۱۰۰ کیلوهرتز و ۱۰ مگاهرتز، حداکثر مقادیر شدت میدان با استفاده از درون یابی از مقدار ۱/۵ برابر حد در فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۳۲ برابر حد در فرکانس ۱۰ مگاهرتز به دست می آید. در فرکانس های بالاتر از ۱۰ مگاهرتز توصیه می شود که میانگین چگالی توان موج تخت، روی عرض هر پالس از ۱۰۰۰ برابر حد گفته شده برای (S_{eq}) بیشتر نشود. این معادل آن است که E و H از ۳۲ برابر حدود این میدان ها بیشتر نشود.
 زیرنویس ۵. برای فرکانس های بالاتر از ۱۰ مگاهرتز، S_{eq} ، E_{eff} و H_{eff} باید در مدت $\frac{6A}{f^{1.5}}$ دقیقه به دست آید، (f بر حسب مگاهرتز است) و با جدول مقایسه شود.
 زیرنویس ۶. برای فرکانس کمتر از یک هرتز، حدی برای شدت میدان الکتریکی (E) در نظر گرفته نشده است و تنها جلوگیری از شوک های ناشی از تخلیه الکتریکی در این میدان ها کافی است

در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تا فرکانس ۱۱۰ مگاهرتز، چنانچه در اثر تماس با رساناها یا القاء جریان در بدن، مقدار جریان تماسی یا القائی از حدود معینی بیشتر نشود احتمال شوک و سوختگی وجود دارد. در این موارد باید حدودی که در جدول ۴ ارائه شده است، رعایت شود.

جدول ۴- محدود جریان تماسی و القائی

مد جریان تماسی به میلی آمپر (mA)	ممدوده فرکانس (f)	نوع پرتو گیری
۱	۰-۲/۵kHz	شغلی
$0.24f^1$	۲/۵-۱۰۰kHz	
۴۰	۱۰۰ kHz-۱۱۰ MHz	
۰/۵	۰-۲/۵kHz	مردم
$0.24f$	۲/۵-۱۰۰kHz	
۲۰	۱۰۰ kHz-۱۱۰MHz	

زیرنویس ۱. f برحسب kHz می‌باشد.

۲-۴ مد میدان مغناطیسی مستقیم (DC)

۱-۲-۴ مد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای شاغلین

۱-۱-۲-۴ میانگین چگالی شار مغناطیسی در هشت ساعت کار، باید کمتر از ۰/۲ تسلا باشد.

۲-۱-۲-۴ حداکثر چگالی شار مغناطیسی باید کمتر از ۲ تسلا باشد.

۳-۱-۲-۴ در صورتی که فقط دست و پا در میدان قرارگیرد و کل بدن پرتوگیری نکند، چگالی

شار مغناطیسی باید کمتر از ۵ تسلا باشد.

۲-۲-۴ مد میدان مغناطیسی مستقیم (DC) برای مردم

۱-۲-۲-۴ در صورتی که یک شخص عادی دائماً در میدان مغناطیسی قرار گیرد، چگالی شار مغناطیسی باید کمتر از ۰/۰۴ تسلا باشد.

۲-۲-۲-۴ در صورتی که شخصی به طور موقت وارد میدان مغناطیسی شود، چنانچه چگالی شار مغناطیسی از ۰/۰۴ تسلا بیشتر باشد لازم است اطمینان حاصل شود که چگالی شار مغناطیسی کمتر از مقدار تعیین شده برای شاغلین باشد.

توجه: حدود فوق برای کسانی که از ضربان ساز مصنوعی قلب یا پروتزهای فلزی در بدن استفاده می کنند، ممکن است مناسب نباشد.

۳-۴ مدهود پرتوهای ماوراء بنفش (منابع غیر لیزری)

در پرتوگیری شغلی و یا پرتوگیری مردم، حداکثر زمان پرتوگیری با پرتوهای ماوراء بنفش در هر شبانه روز از فرمول زیر به دست می آید:

$$E_{\text{eff}} \times t \leq 30 \frac{J}{m^2} \quad (12)$$

که در آن:

E_{eff} = چگالی مؤثر پرتو (در محل قرار گرفتن شخصی که پرتو گیری می کند) بر حسب وات بر مترمربع؛

t = مدت زمان پرتو گیری بر حسب ثانیه؛ و

$$30 \frac{J}{m^2} = \text{حد پرتو ماوراء بنفش مؤثر دریافتی در هر شبانه روز.}$$

در جدول ۵، حدود و ضرائب تاثیر نسی پرتوهای ماوراء بنفش در طول موج های مختلف بر بدن انسان آمده است.

جدول ۵- مدود و ضرائب تاثیر نسبي پرتوهای ماوراء بنفش

در طول موجهای مختلف بر بدن انسان

مد پرتو دریافتی به $\frac{J}{m^2}$	ضریب نسبی تاثیر S_{λ}	طول موج به (nm)	ردیف
۲۵۰۰	۰/۰۱۲	۱۸۰	۱
۱۶۰۰	۰/۰۱۹	۱۹۰	۲
۱۰۰۰	۰/۰۳۰	۲۰۰	۳
۵۹۰	۰/۰۵۱	۲۰۵	۴
۴۰۰	۰/۰۷۵	۲۱۰	۵
۳۲۰	۰/۰۹۵	۲۱۵	۶
۲۵۰	۰/۱۲۰	۲۲۰	۷
۲۰۰	۰/۱۵۰	۲۲۵	۸
۱۶۰	۰/۱۹۰	۲۳۰	۹
۱۳۰	۰/۲۴۰	۲۳۵	۱۰
۱۰۰	۰/۳۰۰	۲۴۰	۱۱
۸۳	۰/۳۶۰	۲۴۵	۱۲
۷۰	۰/۴۳۰	۲۵۰	۱۳
۶۰	۰/۵۰۰	۲۵۴	۱۴
۵۸	۰/۵۲۰	۲۵۵	۱۵
۴۶	۰/۶۵۰	۲۶۰	۱۶
۳۷	۰/۸۱۰	۲۶۵	۱۷
۳۰	۱/۰۰۰	۲۷۰	۱۸
۳۱	۰/۹۶۰	۲۷۵	۱۹

ادامه جدول ۵- محدود و ضرائب تاثیر نسبی پرتوهای

ماوراءبنفش در طول موجهای مختلف بر بدن انسان

مد پرتو دریافتی به $\frac{J}{m^2}$	ضریب نسبی تاثیر S_{λ}	طول موج به (nm)	ردیف
۳۴	۰/۸۸۰	۲۸۰	۲۰
۳۹	۰/۷۷۰	۲۸۵	۲۱
۴۷	۰/۶۴۰	۲۹۰	۲۲
۵۶	۰/۵۴۰	۲۹۵	۲۳
۶۵	۰/۴۶۰	۲۹۷	۲۴
۱۰۰	۰/۳۰۰	۳۰۰	۲۵
۲۵۰	۰/۱۲۰	۳۰۳	۲۶
۵۰۰	۰/۰۶۰	۳۰۵	۲۷
۱۲۰۰	۰/۰۲۶	۳۰۸	۲۸
۲۰۰۰	۰/۰۱۵	۳۱۰	۲۹
۵۰۰۰	۰/۰۰۶	۳۱۳	۳۰
۱۰۰۰۰	۰/۰۰۳	۳۱۵	۳۱
۱۳۰۰۰	۰/۰۰۲۴	۳۱۶	۳۲
۱۵۰۰۰	۰/۰۰۲۰	۳۱۷	۳۳
۱۹۰۰۰	۰/۰۰۱۶	۳۱۸	۳۴
۲۵۰۰۰	۰/۰۰۱۲	۳۱۹	۳۵
۲۹۰۰۰	۰/۰۰۱۰	۳۲۰	۳۶
۴۵۰۰۰	۰/۰۰۰۶۷	۳۲۲	۳۷
۵۶۰۰۰	۰/۰۰۰۵۴	۳۲۳	۳۸

ادامه جدول ۵- مدود و ضرائب تاثیر نسبی پرتوهای

ماوراء بنفش در طول موجهای مختلف بر بدن انسان

مد پرتو دریافتی به $\frac{J}{m^2}$	ضریب نسبی تاثیر S_{λ}	طول موج به (nm)	ردیف
۶۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۵۰	۳۲۵	۳۹
۶۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰۴۴	۳۲۸	۴۰
۷۳۰۰۰	۰/۰۰۰۰۴۱	۳۳۰	۴۱
۸۱۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳۷	۳۳۳	۴۲
۸۸۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳۴	۳۳۵	۴۳
۱۱۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۸	۳۴۰	۴۴
۱۳۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۴	۳۴۵	۴۵
۱۵۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۰	۳۵۰	۴۶
۱۹۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۶	۳۵۵	۴۷
۲۳۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۳	۳۶۰	۴۸
۲۷۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۱	۳۶۵	۴۹
۳۲۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۹۳	۳۷۰	۵۰
۳۹۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۷۷	۳۷۵	۵۱
۴۷۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۶۴	۳۸۰	۵۲
۵۷۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۵۳	۳۸۵	۵۳
۶۸۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۴۴	۳۹۰	۵۴
۸۳۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۳۶	۳۹۵	۵۵
۱۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۳۰	۴۰۰	۵۶

ادامه جدول ۵- محدود و ضرائب تاثیر نسبی پرتوهای

ماوراءبنفش در طول موجهای مختلف بر بدن انسان

یادآوری ۱: حد پرتو دریافتی در یک شبانه روز، مربوط به مواردی است که پرتو ماوراءبنفش مستقیماً به سطح پوست یا چشم بتابد.

یادآوری ۲: حد پرتوهای ماوراءبنفش دریافتی، برای شاغلین در نظر گرفته شده است ولی با احتیاط برای مردم نیز قابل استفاده است. اما امکان دارد که افرادی که نسبت به پرتو ماوراءبنفش بسیار حساس هستند، در این شرایط آسیب ببینند. حد فوق برای افراد معمولی و نه حساس در نظر گرفته شده است.

یادآوری ۳: اندازه شدت پرتو برای به دست آوردن پرتو دریافتی، باید با دستگاه اندازه گیری با پاسخ زاویه ای کسینوسی صورت گیرد. در اندازه گیری باید میانگین کمیت شدت پرتو روی سطح درجه ای دایره ای به قطر کمتر یا مساوی یک میلی متر به دست آید.

یادآوری ۴: S_λ در طول موجهایی که در جدول ذکر نشده است توسط فرمولهای زیر محاسبه می شود:

$$21.0 \leq \lambda \leq 27 \text{ nm}; S_\lambda = 0.959^{(27-\lambda)} \quad (13)$$

$$27.0 < \lambda \leq 30.0 \text{ nm}; S_\lambda = 1 - 0.36 \left(\frac{\lambda - 27.0}{2.0} \right)^{1/64} \quad (14)$$

$$30.0 < \lambda \leq 40.0 \text{ nm}; S_\lambda = 0.3 \times 0.736^{(\lambda-30.0)} + 1.0^{(2-0.163\lambda)} \quad (15)$$

همچنین لازم است که در طول موجهای ۳۱۵ الی ۴۰۰ نانومتر علاوه بر رعایت حد چگالی مؤثر پرتو، انرژی تابشی (منظور انرژی دریافتی نیست) پرتو ماوراءبنفش در محل چشم در هر شبانه روز کمتر از 10^4 ژول بر مترمربع شود.

۴-۴-۴ محدود پرتوگیری برای پرتوهای مرئی و مادون قرمز (منابع غیرلیزری)

به منظور جلوگیری از خطرات پرتوهای مرئی و مادون قرمز (غیرلیزری) برای چشم لازم است بندهای ۱-۴-۴ و ۲-۴-۴ و ۳-۴-۴ و ۴-۴-۴ همزمان رعایت شود.

۴-۴-۴-۱ محدود پرتوگیری بر اساس تاثیر گرمایی نور بر شبکه

تابندگی موثر یک منبع نور در محدوده طول موج‌های ۳۸۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر باید از حد تابندگی موثر آن منبع کمتر باشد. حد تابندگی برای هر منبع نور از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$L_{HAZ}^1 = \frac{5 \times 10^2}{\alpha t^{0.75}} \quad \text{ثانیه} \quad 10^{-5} \leq t \leq 10 \quad (16)$$

که در آن:

L_{HAZ} = حد تابندگی موثر بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان؛

t = مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه؛ و

α = زاویه رویت منبع بر حسب رادیان است و از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{D_L}{r} \quad (17)$$

که در آن:

D_L = بعد متوسط منبع نور^۲ است.

اگر منبع نور کروی باشد، D_L مساوی قطر آن است و اگر منبع نور به شکل استوانه‌ای یا

غیرکروی باشد، D_L مساوی میانگین حسابی کوتاه‌ترین و بلندترین ابعاد قابل دیدن منبع است.

r = فاصله چشم از منبع نور است.

1- Limit for hazardous radiance

2- Mean light source dimension

یادآوری ۱- اگر α بیشتر از ۰/۱ رادیان باشد، در فرمول (۱۶) به جای α مقدار ۰/۱ قرار می‌گیرد.
 اگر α کمتر از $10^{-3} \times 1/7$ رادیان (۱/۷ میلی رادیان) باشد، در فرمول (۱۶) به جای α مقدار 10^{-3} رادیان قرار می‌گیرد.

یادآوری ۲- اگر t کمتر از 10^{-5} s (۱۰ میکروثانیه) باشد در فرمول (۱۶) به جای t مقدار (10^{-5} s) قرار می‌گیرد. اگر t بیشتر از ۱۰ ثانیه باشد، در فرمول (۱۶) به جای مقدار t ، 10 s قرار می‌گیرد.
 جدول ۶ مطالب فوق را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۶- مد تابندگی موثر بر اساس تاثیر گرمایی نور بر شبکه

ردیف	مد تابندگی موثر در محدوده ۳۸۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر	α به (رادیان)	t به (ثانیه)
۱	$\frac{5 \times 10^2}{\alpha t^{0.25}}$	$0.0017 < \alpha < 0.1$	$10^{-5} \leq t \leq 10$
۲	$\frac{2/812 \times 10^2}{\alpha}$	$0.0017 < \alpha < 0.1$	$t > 10$
۳	$\frac{8/891 \times 10^5}{\alpha}$	$0.0017 < \alpha < 0.1$	$t < 10^{-5}$
۴	$\frac{2/941 \times 10^7}{t^{0.25}}$	$\alpha < 0.0017$	$10^{-5} \leq t \leq 10$
۵	$1/654 \times 10^7$	$\alpha < 0.0017$	$t > 10$
۶	$5/230 \times 10^8$	$\alpha < 0.0017$	$t < 10^{-5}$
۷	$\frac{5 \times 10^5}{t^{0.25}}$	$\alpha > 0.1$	$10^{-5} \leq t \leq 10$
۸	$2/812 \times 10^5$	$\alpha > 0.1$	$t > 10$
۹	$8/891 \times 10^6$	$\alpha > 0.1$	$t < 10^{-5}$

۲-۴-۴ مد پرتوگیری براساس تاثیر فتو شیمیایی نور بر چشم

براساس شرایط رویت منبع و مدت زمان پرتوگیری شبکه، حدود جدول ۷ باید رعایت شود.

جدول ۷- حدود پرتوگیری براساس تاثیر فتو شیمیایی نور بر چشم

مد	مدت زمان پرتوگیری	زاویه، رویت منبع
$E_B.t \leq 10^{-2} \frac{J}{m^2}$	کمتر از 10^2 ثانیه	کمتر از 0.11 رادیان
$E_B \leq 10^{-2} \frac{W}{m^2}$	بیشتر از 10^2 ثانیه	کمتر از 0.11 رادیان
$L_B.t \leq 10^{-6} \frac{J}{m^2 \cdot sr}$	کمتر از 10^2 ثانیه	بیشتر از 0.11 رادیان
$L_B \leq 10^{-6} \frac{W}{m^2 \cdot sr}$	بیشتر از 10^2 ثانیه	بیشتر از 0.11 رادیان

۱. E_B چگالی موثر پرتو برای اثر فتوشیمیایی است و از فرمول زیر به دست می آید.

$$E_B = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (18)$$

۲. L_B تابندگی موثر برای اثر فتوشیمیایی است و از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$L_B = \sum_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (19)$$

که در فرمول های ۱۸ و ۱۹:

$B(\lambda)$ = ضریب تاثیر شیمیایی نور با طول موج λ بر چشم؛

$E(\lambda)$ = چگالی پرتو در طول موج λ است بر حسب وات بر مترمربع؛

$L(\lambda)$ = تابندگی در طول موج λ است بر حسب وات بر مترمربع بر استرادیان؛

t = مدت زمان پرتوگیری بر حسب ثانیه است؛ و

$\Delta\lambda =$ اختلاف دو طول موج متوالی است که E_λ یا I_λ در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود و یکای آن نانومتر است.

یادآوری - در پرتوگیری کودکان و یا افرادی که عدسی چشم آن‌ها مصنوعی است، به دلیل حساسیت بالا باید مقادیر $B(\lambda)$ با مقادیر $A(\lambda)$ جایگزین شود.

در جدول ۸ ضرایب تاثیر شیمیایی $A(\lambda)$ و $B(\lambda)$ در طول موج‌های مختلف بر چشم انسان و نیز ضرایب خطرناکی طول موج برای شبکه $R(\lambda)$ آورده شده است.

جدول ۸- ضرایب $A(\lambda)$ ، $B(\lambda)$ و $R(\lambda)$

$R(\lambda)$	$B(\lambda)$	$A(\lambda)$	طول موج به (nm)	ردیف
-	۰/۰۱	۶	۳۰۰	۱
-	۰/۰۱	۶	۳۰۵	۲
-	۰/۰۱	۶	۳۱۰	۳
-	۰/۰۱	۶	۳۱۵	۴
-	۰/۰۱	۶	۳۲۰	۵
-	۰/۰۱	۶	۳۲۵	۶
-	۰/۰۱	۶	۳۳۰	۷
-	۰/۰۱	۶	۳۳۵	۸
-	۰/۰۱	۵/۸۸	۳۴۰	۹
-	۰/۰۱	۵/۷۱	۳۴۵	۱۰
-	۰/۰۱	۵/۴۶	۳۵۰	۱۱
-	۰/۰۱	۵/۲۲	۳۵۵	۱۲
-	۰/۰۱	۴/۶۲	۳۶۰	۱۳
-	۰/۰۱	۴/۲۹	۳۶۵	۱۴

ادامه جدول ۸- ضرایب $A(\lambda)$ ، $B(\lambda)$ و $R(\lambda)$

ردیف	طول موج به (nm)	$A(\lambda)$	$B(\lambda)$	$R(\lambda)$
۱۵	۳۷۰	۳/۷۵	۰/۰۱	-
۱۶	۳۷۵	۳/۵۶	۰/۰۱	-
۱۷	۳۸۰	۳/۱۹	۰/۰۱	۰/۱
۱۸	۳۸۵	۲/۳۱	۰/۰۱۳	۰/۱۳
۱۹	۳۹۰	۱/۸۸	۰/۰۲۵	۰/۲۵
۲۰	۳۹۵	۱/۵۸	۰/۰۵	۰/۵
۲۱	۴۰۰	۱/۴۳	۰/۱	۱
۲۲	۴۰۵	۱/۳۰	۰/۲	۲
۲۳	۴۱۰	۱/۲۵	۰/۴	۴
۲۴	۴۱۵	۱/۲۰	۰/۸	۸
۲۵	۴۲۰	۱/۱۵	۰/۹	۹
۲۶	۴۲۵	۱/۱۱	۰/۹۵	۹/۵
۲۷	۴۳۰	۱/۰۷	۰/۹۸	۹/۸
۲۸	۴۳۵	۱/۰۳	۱	۱۰
۲۹	۴۴۰	۱	۱	۱۰
۳۰	۴۴۵	۰/۹۷۰	۰/۹۷۰	۹/۷
۳۱	۴۵۰	۰/۹۴۰	۰/۹۴۰	۹/۴
۳۲	۴۵۵	۰/۹۰۰	۰/۹۰۰	۹
۳۳	۴۶۰	۰/۸۰۰	۰/۸۰۰	۸
۳۴	۴۶۵	۰/۷۰۰	۰/۷۰۰	۷
۳۵	۴۷۰	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰	۶/۲

ادامه جدول ۸ - ضرایب $A(\lambda)$ ، $B(\lambda)$ و $R(\lambda)$

$R(\lambda)$	$B(\lambda)$	$A(\lambda)$	طول موج به (nm)	ردیف
۵/۵	۰/۵۵۰	۰/۵۵۰	۴۷۵	۳۶
۴/۵	۰/۴۵۰	۰/۴۵۰	۴۸۰	۳۷
۴	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰	۴۸۵	۳۸
۲/۲	۰/۲۲۰	۰/۲۲۰	۴۹۰	۳۹
۱/۶	۰/۱۶۰	۰/۱۶۰	۴۹۵	۴۰
۱	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۵۰۰	۴۱
۱	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۵۰۵	۴۲
۱	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۵۱۰	۴۳
۱	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۵۱۵	۴۴
۱	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۵۲۰	۴۵
۱	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۵۲۵	۴۶
۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۵۳۰	۴۷
۱	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۵۳۵	۴۸
۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۵۴۰	۴۹
۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۵۴۵	۵۰
۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۵۵۰	۵۱
۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۵۵۵	۵۲
۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۵۶۰	۵۳
۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۵۶۵	۵۴
۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۵۷۰	۵۵
۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۵۷۵	۵۶

ادامه جدول ۸- ضرایب $A(\lambda)$ ، $B(\lambda)$ و $R(\lambda)$

ردیف	طول موج به (nm)	$A(\lambda)$	$B(\lambda)$	$R(\lambda)$
۵۷	۵۸۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱
۵۸	۵۹۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱
۵۹	۵۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱
۶۰	۶۰۰-۷۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱
۶۱	۷۰۰-۱۰۵۰	-	-	$1.0 \cdot \left[\frac{700 - \lambda}{500} \right]$
۶۲	۱۰۵۰-۱۱۵۰	-	-	۰/۲
۶۳	۱۱۵۰-۱۲۰۰	-	-	$0.2 \times 1.0 \cdot \left[\frac{1150 - \lambda}{50} \right]$
۶۴	۱۲۰۰-۱۴۰۰	-	-	۰/۰۲

۳-۴-۴ مد پرتوگیری براساس اثرات گرمایی پرتو مادون قرمز بر

عدسی و قرنیه چشم (ممدوده طول موجهای ۷۸۰ الی ۳۰۰۰ نانومتر)

براساس مدت زمان پرتوگیری (t) حدود جدول ۹ باید رعایت شود.

جدول ۹- مد پرتوگیری بر اساس اثرات گرمایی پرتو مادون قرمز بر عدسی و قرنیه

چشم

مدت زمان پرتوگیری به (ثانیه)	مد چگالی پرتو به (وات بر متر مربع)
$t \leq 1000$	$1/8 \times 10^{-4} t^{-\frac{3}{4}}$
$t > 1000$	۱۰۰

یادآوری - آنچه دمای محیط خیلی کم باشد، حدود فوق قابل افزایش است. مثلاً در دمای صفر سانتیگراد حد چکالی پرتو را می توان $\frac{w}{m^2}$ ۴۰۰ در نظر گرفت.

۴-۴-۴ مد پرتوگیری بر اساس اثرات گرمایی پرتو مادون قرمز بر

شبکیه

اگر منبع فقط تولیدکننده پرتوی مادون قرمز نزدیک (محدوده طول موج های ۷۸۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر) است و نور مرئی قابل توجهی تولید نمی کند، حدود جدول ۱۰ به شرح زیر باید رعایت شود.

جدول ۱۰- مد پرتو بر اساس اثرات گرمایی پرتو مادون قرمز بر شبکیه

مدت زمان پرتوگیری (ثانیه)	زاویه رویت منبع (رادیان)	مد تابندگی موثر در محدوده طول موج های ۷۸۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر $\frac{w}{m^2 \cdot sr}$ به
$t > 10$	$\alpha < 0.011$	$5/454 \times 10^5$
$t > 10$	$0.011 < \alpha < 0.1$	$\frac{6000}{\alpha}$
$t > 10$	$\alpha > 0.1$	۶۰۰۰۰
$t \leq 10$	تابندگی موثر باید طبق بند ۴-۴-۱ محدود شود.	

۴-۴-۵ مد پرتوگیری مادون قرمز برای پوست

اگر مدت زمان تابش پرتوی مادون قرمز به پوست کمتر از ۱۰s باشد، باید انرژی تابشی به واحد سطح پوست کمتر از t^4 ۲۰۰۰۰ ژول بر مترمربع باشد.

حد خاصی برای زمان تابش بیشتر از ۱۰S تعیین نمی‌شود زیرا عکس‌العمل طبیعی بدن به گرمای حاصل مانع آسیب دیدن پوست می‌شود.

۴-۵ مد پرتوگیری برای پرتوهای مافوق صوت

جدول ۱۱ حدود تراز فشار امواج مافوق صوت برای پرتوگیری شغلی در حداکثر هشت ساعت کار در شبانه‌روز را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- محدود تراز فشار امواج مافوق صوت برای پرتوگیری شغلی در حداکثر

۸ ساعت کار روزانه

ردیف	تراز فشار به (دسی بل) dB	فرکانس میانی $\frac{1}{3}$ اکتاو به (kHz)
۱	۷۵	۲۰۰
۲	۱۱۰	۱۰۰، ۸۰، ۶۳، ۵۰، ۴۰، ۳۱/۵، ۲۵

یادآوری ۱- چنانچه زمان پرتوگیری دو الی چهار ساعت باشد، به مقادیر تراز فشار ۳ dB اضافه می‌شود.
 یادآوری ۲- چنانچه زمان پرتوگیری یک الی دو ساعت باشد، به مقادیر تراز فشار ۶ dB اضافه می‌شود.
 یادآوری ۳- چنانچه زمان پرتوگیری کمتر از یک ساعت باشد، به مقادیر تراز فشار ۹ dB اضافه می‌شود.

جدول ۱۲ حدود تراز فشار امواج مافوق صوت برای پرتوگیری مردم را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲- محدود تراز فشار امواج مافوق صوت برای پرتوگیری مردم

ردیف	تراز فشار به (دسی بل) dB	فرکانس میانی $\frac{1}{3}$ اکتاو به (kHz)
۱	۷۰	۲۰
۲	۱۰۰	۱۰۰، ۸۰، ۶۳، ۵۰، ۴۰، ۳۱/۵، ۲۵

تراز فشار امواج مافوق صوت در محل قرارگرفتن گوش هر فرد، باید با حدود داده‌شده در این استاندارد مقایسه‌شود. لذا باید اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع میانگین محل قرارگیری گوش افراد، صورت گیرد.