

25,0	0,0796	-22,0	0,510	-5,8
31,5	0,0630	-24,0	0,403	-7,9
40,0	0,0496	-26,1	0,316	-10,0
50,0	0,0387	-28,2	0,245	-12,2
63,0	0,0295	-30,6	0,186	-14,6
80,0	0,0213	-33,4	0,134	-17,5

УТВЕРЖДЕНО

Постановление
Совета Министров
Республики Беларусь
25.01.2021 № 37

ГИГИЕНИЧЕСКИЙ НОРМАТИВ «Показатели безопасности и безвредности воздействия лазерного излучения на человека»

1. Настоящим гигиеническим нормативом устанавливаются обязательные для соблюдения всеми пользователями допустимые значения показателей безопасности и безвредности воздействия лазерного излучения на человека.

Настоящим гигиеническим нормативом определяются нормируемые показатели лазерного излучения (далее – ЛИ), их предельно допустимые уровни (далее – ПДУ) для персонала, подвергающегося воздействию ЛИ в связи с производственной деятельностью, и лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией лазерных изделий, но являющихся участниками театрально-зрелищных мероприятий или демонстраций в учебных заведениях с применением лазерных изделий (зрители, актеры, студенты, школьники, преподаватели, обслуживающий персонал и другие), а также для товаров народного потребления.

2. ПДУ ЛИ устанавливаются для двух условий облучения – однократного и хронического для трех спектральных диапазонов длин волн (λ – длина волны ЛИ, нм):

I диапазон – $180 < \lambda \leq 380$ нм;

II диапазон – $380 < \lambda \leq 1400$ нм;

III диапазон – $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм.

Биологические эффекты воздействия ЛИ на организм определяются механизмами взаимодействия ЛИ с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и другими) и зависят от длины волны ЛИ, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

ЛИ с длиной волны от 380 до 1400 нм представляет наибольшую опасность для сетчатой оболочки глаза, а излучение с длиной волны от 180 до 380 нм и свыше 1400 нм – для передних сред глаза.

Повреждение кожи может быть вызвано ЛИ любой длины волны рассматриваемого спектрального диапазона (180– 10^5 нм).

3. Нормируемыми параметрами ЛИ являются энергетическая экспозиция (H , Дж · м⁻²) и облученность (E , Вт · м⁻²), усредненные по ограничивающей апертуре.

4. Для определения ПДУ энергетической экспозиции ($H_{пду}$) и облученности ($E_{пду}$) при воздействии ЛИ на кожу усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром $d_a = 1,1 \cdot 10^{-3}$ м (площадь апертуры $S_a = 10^{-6}$ кв. м).

5. Для определения $H_{пду}$ и $E_{пду}$ при воздействии на глаза ЛИ в диапазонах I и III усреднение производится также по апертуре диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м, а в диапазоне II – по апертуре диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м (площадь апертуры $S_a = 3,85 \cdot 10^{-5}$ кв. м).

6. Наряду с энергетической экспозицией и облученностью нормируемыми параметрами являются также энергия (W , Дж) и мощность P (Вт) ЛИ, прошедшего через

указанные в пунктах 4 и 5 настоящего гигиенического норматива ограничивающие апертуры, для которых определяются ПДУ энергии ($W_{\text{пду}}$) и мощности ($P_{\text{пду}}$).

При оценке воздействия на глаза ЛИ в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) нормирование энергии и мощности ЛИ, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м, является первостепенным.

Указанные энергетические параметры связаны соотношениями:

$$\begin{aligned} H_{\text{пду}} &= W_{\text{пду}} / S_a; \\ E_{\text{пду}} &= P_{\text{пду}} / S_a \end{aligned} \quad (1)$$

В соответствии с решаемой задачей параметры $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ могут использоваться независимо.

7. Соотношения для определения $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при однократном воздействии на глаза и кожу одиночных импульсов коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) при ограничивающей апертуре d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м устанавливаются в соответствии с таблицей 1.

8. Для определения $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при однократном воздействии на глаза и кожу серии импульсов коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) при ограничивающей апертуре диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м необходимо руководствоваться следующими требованиями:

энергетическая экспозиция H_i или облученность E_i поверхностей роговицы и кожи при воздействии любого отдельного импульса из рассматриваемой последовательности не должны превышать предельно допустимых значений для одиночных импульсов, определяемых в соответствии с пунктом 7 настоящего гигиенического норматива

$$\begin{aligned} H_i &\leq H_{\text{пду}}(\tau); \\ E_i &\leq E_{\text{пду}}(\tau), \end{aligned} \quad (2)$$

где H_i – энергетическая экспозиция i -го импульса из серии импульсов, Дж \cdot м $^{-2}$;

$H_{\text{пду}}(\tau)$ – предельно допустимое значение энергетической экспозиции (Дж \cdot м $^{-2}$) импульса ЛИ длительностью τ (с);

E_i – облученность i -го импульса из серии импульсов (Вт \cdot м $^{-2}$);

$E_{\text{пду}}(\tau)$ – предельно допустимое значение облученности (Вт \cdot м $^{-2}$) импульса ЛИ длительностью τ (с).

Если временной интервал между облучениями отдельными импульсами меньше 600 с, значения $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ определяются по формулам 14 и 16 пункта 22 настоящего гигиенического норматива.

Так как воздействие на биологические ткани (глаза и кожу) ЛИ в спектральном диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) обладает свойством аддитивности при условии выполнения выражения (2), однократная суточная доза $H^{\Sigma}(3 \cdot 10^4)$ не должна в соответствии с выражением (3) превышать значений, приведенных в таблице 2

$$H^{\Sigma}(3 \cdot 10^4) = \sum_{i=1}^M H_i(\tau) \leq H_{\text{пду}}^{\Sigma}(3 \cdot 10^4), \quad (3)$$

где $H^{\Sigma}(3 \cdot 10^4)$ – суммарное значение энергетической экспозиции за рабочий день ($t = 3 \cdot 10^4$ с) – суточная доза, Дж \cdot м $^{-2}$;

m – количество импульсов в серии;

$H_i(\tau)$ – энергетическая экспозиция i -го импульса из серии импульсов, Дж \cdot м $^{-2}$;

$H_{\text{пду}}^{\Sigma}(3 \cdot 10^4)$ – ПДУ суммарной энергетической экспозиции за рабочий день – суточной дозы, Дж \cdot м $^{-2}$.

9. Если ЛИ концентрируется на коже или роговице глаза в области, наименьший размер которой равен или меньше диаметра ограничивающей апертуры диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м, максимальное значение облученности E и энергетической экспозиции H не должно превышать значений $E_{пду}$ и $H_{пду}$, определяемых в соответствии с пунктами 7 и 8 настоящего гигиенического норматива.

10. Для определения предельно допустимых значений $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$, а также предельных суточных доз $H_{пду}$ ($3 \cdot 10^4$) при хроническом облучении глаз и кожи коллимированным или рассеянным ЛИ в диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) необходимо соответствующие значения, приведенные в пунктах 7–9 настоящего гигиенического норматива, уменьшить в 10 раз.

11. Соотношения для определения $W_{пду}$ и $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного ЛИ (наблюдении прямого или зеркально отраженного пучка) в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при длительности воздействия меньше 1 с и больше 1 с и ограничивающей апертуре d_a диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

12. Если источником неколлимированного (рассеянного или диффузно отраженного) ЛИ является протяженный объект, предельно допустимые значения энергии ($W_{пду}^d$) и мощности ($P_{пду}^d$) зависят от углового (видимого) размера (α) этого источника. Значения $W_{пду}^d$ и $P_{пду}^d$ в этом случае определяются путем умножения значений $W_{пду}$ и $P_{пду}$ для коллимированного однократного ЛИ на поправочный коэффициент B

$$\begin{aligned} W_{пду}^d &= B \cdot W_{пду}; \\ P_{пду}^d &= B \cdot P_{пду}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $W_{пду}^d$ – ПДУ энергии ЛИ для протяженного источника, Вт \cdot м⁻²;

$P_{пду}^d$ – ПДУ энергии ЛИ для протяженного источника, Дж \cdot м⁻²;

B – поправочный коэффициент, используемый при определении ПДУ ЛИ от протяженного источника, угловой размер которого превышает $\alpha_{пред}$.

Значения поправочного коэффициента B определяются по формуле

$$\begin{aligned} B &= B_t \cdot \alpha^2 + 1 \\ B &= 1 \\ \alpha &> \alpha_{пред}. \\ \alpha &\leq \alpha_{пред}, \end{aligned} \quad (5)$$

где B_t – вспомогательный коэффициент, значения которого приведены в таблице 5;

t – длительность воздействия (облучения) непрерывным излучением или серией импульсов ЛИ, с;

α – видимый угловой размер источника ЛИ, рад;

$\alpha_{пред}$ – предельный видимый угловой размер источника, при котором он может рассматриваться как точечный, рад.

В случае воздействия серии импульсов поправочный коэффициент B принимает значение, соответствующее длительности отдельного импульса в серии.

13. ПДУ при воздействии на глаза серии импульсов коллимированного ЛИ в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) установлены для случаев, когда длительность отдельного импульса τ в серии не превышает 0,25 с, а частота следования импульсов ($F_{и}$, Гц) в серии больше 0,005 Гц (интервал между отдельными импульсами в серии меньше 200 с).

14. Если $F_{и} < 0,005$ Гц, воздействие на глаза отдельных импульсов ЛИ считается независимым. При этом нормируется значение энергии импульса, имеющего максимальную амплитуду

$$W^c(\tau)_{max} \leq W_{пду}(\tau), \quad (6)$$

где $W^c(\tau)_{max}$ – значение энергии отдельного импульса из серии ($W^c(\tau)$, имеющего максимальную амплитуду, Дж \cdot м⁻²;

$W_{пду}(\tau)$ – предельно допустимое значение энергии импульса ЛИ длительностью τ .

15. Если $F_n > 0,005$ Гц, значение предельно допустимой энергии серии импульсов ЛИ длительностью t при воздействии на глаза $W_{пду}^c(t)$ равно меньшему из двух значений энергии W_1 и W_2 , определяемых по формулам:

$$\begin{aligned} W_1 &= W_{пду}(t); \\ W_2 &= W_{пду}(\tau_n) \cdot (N / \xi)^{2/3}, \end{aligned} \quad (7)$$

где $W_1, W_{пду}(t)$ – ПДУ энергий импульсов ($\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$) длительностью t (с);
 W_2 – ПДУ энергии импульсов ($\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$), пропорциональных их количеству N ;
 $W_{пду}(\tau_n)$ – ПДУ энергии одного импульса ($\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$) длительностью τ (с);
 N – число импульсов в серии, $N = F_n \cdot t + 1$;
 ξ – параметр, характеризующий нестабильность энергии импульсов в серии.
 Определяется отношением максимальной энергии отдельного импульса $W^c(\tau)_{\max}$ в рассматриваемой серии к среднему значению

$$\xi = W^c(\tau)_{\max} / \overline{W^c(\tau)}, \quad (8)$$

где $\overline{W^c(\tau)}$ – средняя энергия одного импульса из серии, $\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$.

В случаях, когда значение параметра ξ неизвестно, следует считать $\xi = 1$.

$$\begin{aligned} W_{пду}^c(t) &= W_1 \text{ при } W_1 \leq W_2; \\ W_{пду}^c(t) &= W_2 \text{ при } W_1 > W_2, \end{aligned} \quad (9)$$

где $W_{пду}^c(t)$ – предельно допустимое значение энергии серии импульсов ($\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$) длительностью t (с).

При этом предельно допустимое среднее значение энергии одного импульса из серии определяется по формуле

$$\overline{W_{пду}^c(\tau)} = W^c(t) / N,$$

где $W^c(t)$ – значение энергии серии импульсов ($\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$) длительностью t (с);
 N – число импульсов в серии.

16. Когда длительность серии импульсов превышает 1 с, целесообразно определять значение предельно допустимой средней мощности.

Предельно допустимая средняя мощность серии импульсов ($\overline{P_{пду}^c}$) ЛИ при облучении глаз коллимированным пучком равна меньшему из двух значений мощности P_1 и P_2 , определяемых по формулам:

$$\begin{aligned} P_1 &= \overline{P_{пду}^c}(t); \\ P_2 &= \frac{W_{пду}(\tau_n)}{t} \left(\frac{N}{\xi} \right)^{2/3}, \end{aligned} \quad (10)$$

где P_1 – значение мощности ЛИ ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) серии импульсов в зависимости от длительности t (с);

P_2 – значение мощности ЛИ ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) серии импульсов, пропорциональное их количеству N ;

$\overline{P_{пду}^c}(t)$ – ПДУ среднего значения серии импульсов мощности ЛИ ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) за время t (с) для коллимированного излучения в соответствии с пунктом 11 настоящего гигиенического норматива:

$$\begin{aligned} \overline{P_{пду}^c}(t) &= P_1 \text{ при } P_1 \leq P_2; \\ \overline{P_{пду}^c}(t) &= P_2 \text{ при } P_1 > P_2. \end{aligned} \quad (11)$$

17. Если источником излучения является протяженный объект, предельно допустимые значения энергии серии импульсов ($W_{\text{пду}}^c(t)$), средней мощности излучения в серии $P_{\text{пду}}^c(t)$, энергии одного импульса в серии определяются умножением предельных значений, заданных по формулам 9 и 11, на поправочный коэффициент B , приведенный в пункте 12 настоящего гигиенического норматива:

гигиенического норматива:

$$\begin{aligned} W_{\text{пду}}^{\text{cd}}(t) &= B \cdot W_{\text{пду}}^c(t); \\ \overline{P}_{\text{пду}}^{\text{cd}}(t) &= B \cdot \overline{P}_{\text{пду}}^c(t); \\ W_{\text{пду}}^c(t) &= B \cdot W_{\text{пду}}^{\text{cd}}(\tau), \end{aligned} \quad (12)$$

где $W_{\text{пду}}^{\text{cd}}(t)$ – ПДУ энергии серии импульсов длительностью t для протяженного источника;

$\overline{P}_{\text{пду}}^{\text{cd}}(t)$ – ПДУ среднего значения серии импульсов мощности ЛИ длительностью t для протяженного источника;

$W_{\text{пду}}^{\text{cd}}(\tau)$ – ПДУ энергии импульса из серии длительностью τ для протяженного источника;

B – поправочный коэффициент.

18. Для определения ПДУ $W_{\text{пду}}$ и $P_{\text{пду}}$ коллимированного или рассеянного ЛИ в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при хроническом воздействии на глаза необходимо уменьшить в 10 раз соответствующие предельные значения для однократного воздействия, приведенные в пунктах 11–17 настоящего гигиенического норматива.

19. Соотношения для определения значений $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при однократном воздействии на кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при ограничивающей апертуре d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м приведены в таблице 6.

ПДУ при облучении кожи сериями импульсов определены в пункте 22 настоящего гигиенического норматива.

20. Для определения предельно допустимых значений $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при хроническом воздействии на кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) необходимо уменьшить в 10 раз соответствующие предельные значения, приведенные в пункте 19 настоящего гигиенического норматива.

21. Соотношения для определения $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при однократном воздействии на глаза и кожу импульсного либо непрерывного коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) с ограничивающей апертурой d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м приведены в таблице 7.

22. ПДУ энергетической экспозиции и облученности при воздействии на глаза и кожу серии импульсов ЛИ в диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) устанавливаются для случаев, когда длительность отдельного импульса в серии не превышает 10 с, а частота следования импульсов превышает $1,7 \cdot 10^{-3}$ Гц (временной интервал между отдельными импульсами меньше 10 мин).

Диаметр ограничивающей апертуры равен $1,1 \cdot 10^{-3}$ м.

Значение ПДУ экспозиции серии импульсов $H_{\text{пду}}^c(t)$ общей длительностью t коллимированного или рассеянного ЛИ определяется как меньшее из двух значений H_1 и H_2 , заданных формулами:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{\text{пду}}(t); \\ H_2 &= H_{\text{пду}}(\tau) \cdot (N / \xi)^{1/2}, \end{aligned} \quad (13)$$

где H_1 – энергетическая экспозиция серии импульсов Дж · м⁻² ЛИ в зависимости от длительности t (с);

$H_{\text{пду}}(t)$ – энергетическая экспозиция серии импульсов Дж · м⁻² ЛИ общей продолжительностью t (с);

H_2 – энергетическая экспозиция серии импульсов Дж · м⁻² ЛИ в зависимости от количества импульсов N ;

$H_{\text{пду}}(\tau)$ – энергетическая экспозиция одного импульса Дж · м⁻² ЛИ.

$$\begin{aligned} H_{\text{пду}}^c(t) &= H_1 \text{ при } H_1 \leq H_2; \\ H_{\text{пду}}^c(t) &= H_2 \text{ при } H_1 > H_2, \end{aligned} \quad (14)$$

где $H_{\text{пду}}^c(t)$ – ПДУ энергетической экспозиции серии импульсов Дж · м⁻² ЛИ общей продолжительностью t (с).

Среднее значение предельно допустимой энергетической экспозиции одного импульса из серии определяется делением $H_{\text{пду}}^c(t)$ на число импульсов в серии N .

23. Если длительность серии импульсов превышает 1 с, целесообразно определять значение предельно допустимой средней облученности.

Предельно допустимая средняя облученность серии импульсов $E_{\text{пду}}^c(t)$ равна меньшему из двух значений E_1 и E_2 , определяемых по формулам:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_{\text{пду}}(t); \\ E_2 &= \frac{H_{\text{пду}}(\tau)}{t} \left(\frac{N}{\xi} \right)^{1/2}, \end{aligned} \quad (15)$$

где E_1 – уровень облученности ЛИ, Вт · м²,

$$\begin{aligned} \overline{E}_{\text{пду}}^c(t) &= E_1 \text{ при } E_1 \leq E_2; \\ \overline{E}_{\text{пду}}^c(t) &= E_2 \text{ при } E_1 > E_2. \end{aligned} \quad (16)$$

где $\overline{E}_{\text{пду}}^c(t)$ – ПДУ средней облученности серии импульсов общей длительностью t .

Параметры $W_{\text{пду}}^c(t)$ и $H_{\text{пду}}^c(t)$, $P_{\text{пду}}^c(t)$ и $E_{\text{пду}}^c(t)$ связаны соотношениями:

$$\begin{aligned} W_{\text{пду}}^c(t) &= 10^{-6} \cdot H_{\text{пду}}^c(t); \\ P_{\text{пду}}^c(t) &= 10^{-6} \cdot E_{\text{пду}}^c(t) \end{aligned}$$

24. Если частота следования импульсов $F_{\text{и}}$ меньше $1,7 \cdot 10^{-3}$ Гц, воздействие на глаза и кожу отдельных импульсов ЛИ считается независимым. При этом нормируется значение энергетической экспозиции для импульсов, имеющих максимальную амплитуду

$$H^c(\tau_{\text{и}})_{\text{max}} \leq H_{\text{пду}}(\tau_{\text{и}})$$

25. Формулы, приведенные в пунктах 22–24 настоящего гигиенического норматива, применяются также при рассмотрении:

воздействия на глаза серии импульсов ЛИ спектрального диапазона I ($180 < \lambda \leq 380$ нм);

воздействия на кожу серии импульсов ЛИ спектральных диапазонов I, II (180–1400 нм).

26. Для определения значений $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$ и $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ при хроническом воздействии на глаза и кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне III (1400–10⁵ нм) необходимо уменьшить в 5 раз соответствующие предельные значения для однократного облучения, приведенные в пунктах 21–25 настоящего гигиенического норматива.

27. Для определения ПДУ при одновременном воздействии на глаза и кожу монохроматического ЛИ от нескольких источников необходимо учитывать, что эти источники могут иметь различные характеристики, в том числе:

спектральные (два или несколько типов лазеров, генерация нескольких длин волн одним лазером, генерация гармоник);

временные (режимы – непрерывный, импульсный, непрерывный с модуляцией мощности и другие);

пространственные (коллимированный пучок, диффузно отраженное или рассеянное ЛИ).

Степень опасности при одновременном действии ЛИ различных источников является аддитивной в случае:

воздействия на кожу ЛИ любых длин волн в диапазоне III ($180 < \lambda \leq 10^5$ нм);

воздействия на передние среды глаза ЛИ в диапазонах I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) и III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм);

воздействия на сетчатку глаза ЛИ в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм).

Для каждого из данных трех случаев ПДУ устанавливаются независимо. При одновременном воздействии на глаза излучения аргонового лазера (основная длина волн 488 и 514 нм) и лазера на углекислом газе (10 600 нм) ПДУ устанавливаются для совместного действия компонента ЛИ с длиной волн 488 и 514 нм и отдельно – ПДУ для ЛИ с длиной волны 10 600 нм, так как объектом воздействия в первом случае является сетчатка, во втором – роговица глаза.

28. Предельно допустимая суммарная энергия или мощность излучения от нескольких источников, действие которых является аддитивным, определяется по формулам:

$$W_{\text{пду}}^{\Sigma} = 1 / \sum_{i=1}^n (C_i / W_{\text{пду}}^i);$$

$$P_{\text{пду}}^{\Sigma} = 1 / \sum_{i=1}^n (C_i / P_{\text{пду}}^i),$$
(17)

где $W_{\text{пду}}^{\Sigma}$ – ПДУ суммарной энергии излучения от нескольких источников;

n – число источников ЛИ, действие которых аддитивно;

i – условный порядковый номер источника;

$W_{\text{пду}}^i, P_{\text{пду}}^i$ – ПДУ энергии каждого источника;

$P_{\text{пду}}^i$ – ПДУ мощности каждого источника;

$P_{\text{пду}}^{\Sigma}$ – ПДУ суммарной мощности излучения от нескольких источников;

C_i – относительный энерговклад каждого i -го источника, определяемый как отношение энергии (мощности) всех источников

$$C_i = W^i / \sum_{i=1}^n W^i = P^i / \sum_{i=1}^n P^i,$$
(18)

где W^i – уровень энергии ЛИ одного источника;

P^i – уровень мощности ЛИ одного источника.

29. Формулы 17 и 18 применимы в тех случаях, когда длительность экспозиции или импульсов ЛИ рассматриваемых источников имеют один и тот же порядок. При проведении практических расчетов значения энергии (мощности) могут быть заменены эквивалентными значениями энергетической экспозиции (облученности).

30. В случае использования лазеров при проведении театрально-зрелищных мероприятий и для демонстраций в учебных заведениях ПДУ для всех участников (зрители, актеры, студенты, школьники, преподаватели, обслуживающий персонал

и другие) устанавливаются в соответствии с нормами для хронического облучения согласно пунктам 10, 18 и 20 настоящего гигиенического норматива.

31. При использовании лазеров как элементов оптических медицинских приборов для подсветки, формирования прицельных меток и других целей, не связанных непосредственно с лечебным действием ЛИ, ПДУ для глаз и кожи пациентов, врачей и обслуживающего персонала устанавливаются в соответствии с нормами для хронического облучения согласно пунктам 10, 18 и 20 настоящего гигиенического норматива.

32. Конструкция лазерных изделий должна обеспечивать защиту персонала от ЛИ, других опасных и вредных производственных факторов.

33. В эксплуатационной документации на лазерное изделие должно быть указано:

длина волны излучения;

выходная мощность (энергия);

длительность импульса;

отношение числа следования импульсов ЛИ к единичному интервалу времени наблюдения (далее – частота следования импульсов);

длительность серии импульсов;

начальный диаметр пучка излучения d_n по уровню $\exp(-2)$;

расходимость пучка излучения по уровню $\exp(-2)$;

класс опасности лазерного изделия;

сопутствующие опасные и вредные факторы.

34. По степени опасности генерируемого излучения лазерные изделия подразделяются на следующие классы:

класс 1 (Class 1 laser product);

класс 1С (Class 1С laser product);

класс 1М (Class 1М laser product);

класс 2 (Class 2 laser product);

класс 2М (Class 2М laser product);

класс 3R и класс 3В (Class 3R and Class products);

класс 4 (Class 4 laser product).

35. Безопасность на рабочих местах при эксплуатации лазерных изделий должна обеспечиваться их конструкцией. В пределах рабочей зоны уровни воздействия ЛИ и других неблагоприятных производственных факторов (при наличии) с учетом средств защиты не должны превышать значений, определенных в таблицах 1–7 и соответствующих технических нормативных правовых актах (далее – ТНПА).

36. С учетом конструктивных и технологических особенностей для лазерных изделий классов 3В и 4 должны быть соблюдены следующие нормативы свободного пространства:

от лицевой стороны пультов и панелей управления не менее 1,5 м – при однорядном расположении лазерных изделий и не менее 2 м – при двурядном;

от задней и боковой сторон лазерных изделий при наличии открывающихся дверей, съемных панелей и других устройств, к которым необходим доступ, – не менее 1 м.

37. Стены помещений, в которых размещаются лазерные изделия классов 3R, 3В и 4, должны иметь матовую поверхность. Стены помещений, в которых размещаются лазерные изделия классов 3В и 4, должны изготавливаться из негорючих материалов.

38. В помещениях или зонах, где используются очки для защиты от ЛИ, нормативные значения освещенности должны быть повышены на одну ступень.

39. Дозиметрический контроль ЛИ на рабочих местах заключается в измерении энергетических параметров излучения, воздействующего на глаза и кожу работающего в течение рабочего дня, и сопоставлении измеренных уровней с нормируемыми величинами.

40. Дозиметрический контроль проводится в соответствии с регламентом, утвержденным администрацией организации, при:

приемке в эксплуатацию новых лазерных изделий классов 1М, 2, 2М, 3R, 3В и 4;

внесении изменений в конструкцию действующих лазерных изделий;
изменении конструкции средств коллективной защиты;
проведении экспериментальных и наладочных работ;
комплексной гигиенической оценке условий труда;
организации новых рабочих мест.

41. Дозиметрический контроль для лазерных изделий класса 1 не проводится.

42. Отсутствие превышений ПДУ при периодическом проведении измерений ЛИ от источника позволяет сократить дозиметрический контроль ЛИ до одного раза в два года.

43. Дозиметрический контроль проводится при работе лазера в режиме максимальной отдачи мощности (энергии), определенной в паспорте на лазерное изделие и конкретными условиями эксплуатации.

44. При отсутствии сведений о рабочей длине волны и режимах работы лазерного изделия, а для импульсного режима – о длительности импульса и частоте следования импульса измерения уровней ЛИ не проводятся.

45. Для целей настоящего гигиенического норматива используются термины в значениях, установленных Законом Республики Беларусь от 7 января 2012 г. № 340-З «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также следующие термины и их определения:

апертура – любое отверстие в защитном корпусе или другой защитной оболочке лазерного изделия, через которое выходит ЛИ. В результате такого выхода ЛИ возникает доступ к нему человека;

диаметр пучка ЛИ – диаметр поперечного сечения пучка ЛИ, внутри которого проходит заданная доля энергии или мощности ЛИ;

длительность воздействия (облучения) ЛИ – длительность импульса, серии импульсов или непрерывного излучения, попадающих на тело человека;

диффузно отраженное ЛИ – излучение, отраженное от поверхности, соизмеримой с длиной волны, по всевозможным направлениям в пределах полусферы;

дозиметрия ЛИ – комплекс методов определения значений параметров ЛИ в заданной точке пространства в целях выявления его степени опасности и вредности для организма человека;

закрытые лазерные изделия – изделия с экранированным пучком ЛИ, при работе которых исключено воздействие на человека любых уровней ЛИ;

защитный корпус (кожух) – части лазерной аппаратуры (включая изделия, содержащие встроенные лазеры), которые сконструированы для предотвращения доступа человека к ЛИ и защиты от опасных факторов побочного излучения (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и других);

зеркально отраженное ЛИ – излучение, отраженное под углом, равным углу падения ЛИ;

импульсное ЛИ – излучение в виде отдельных импульсов длительностью не более 0,1 с с интервалами между импульсами более 1 с;

коллимированное ЛИ – излучение в виде пучков, выходящих непосредственно из лазеров или отраженных от зеркальных поверхностей (без рассеивающих систем);

пропускание (коэффициент пропускания) – отношение прошедшего потока ЛИ к падающему потоку в данных условиях;

лазер – генератор когерентного электромагнитного излучения в оптическом диапазоне, основанный на использовании индуцированных переходов;

лазерная система (установка) – лазер с соответствующим источником (устройством) его возбуждения (накачки);

лазерное изделие – лазер или система (установка), включающая лазер и другие технические компоненты, обеспечивающие применение его (ее) по целевому назначению;

лазерная безопасность – совокупность технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные и безвредные условия труда персонала при использовании лазерных изделий;

лазерная опасная зона – часть пространства, в пределах которого уровень ЛИ превышает ПДУ;

безопасное лазерное расстояние для глаз – наименьшее расстояние, на котором энергетическая экспозиция (энергия) не превышает ПДУ для глаза;

непрерывное ЛИ – излучение, существующее в любой момент времени наблюдения;

облученность – отношение потока излучения, падающего на малый участок поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого участка;

ограничивающая апертура – это апертура, определяемая диаметром круга, в котором осуществляют усреднение облученности или энергетической экспозиции;

однократное воздействие ЛИ – случайное воздействие ЛИ с длительностью, не превышающей $3 \cdot 10^4$;

оптическая плотность – десятичный логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания;

открытые лазерные изделия – изделия, конструкция которых допускает выход ЛИ в рабочую зону;

ПДУ ЛИ при однократном воздействии – уровни излучения, при воздействии которых существует незначительная вероятность возникновения обратимых отклонений в организме работающего. То же – для предельной однократной суточной дозы излучения в диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм);

ПДУ ЛИ при хроническом воздействии – уровни излучения, воздействие которых при работе установленной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к травме (повреждению), заболеванию или отклонению в состоянии здоровья работающего в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. То же – для предельной суточной дозы излучения в диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм);

предельный угол – угол, соответствующий угловому (видимому) размеру источника, при котором источник может рассматриваться как точечный, то есть когда угловой размер источника меньше или равен a_{\min} ($a_{\min} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ рад);

протяженный источник – источник ЛИ, угловой (видимый) размер которого больше предельного угла. Источник считают протяженным, если его угловой размер больше, чем a_{\min} ($a_{\min} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ рад);

рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

рассеяние – изменение пространственного распределения пучка лучей, отклоняемых во множестве направлений поверхностью или средой без изменения длины волны излучения;

рассеянное ЛИ – излучение, рассеянное от вещества, находящегося в составе среды, сквозь которую проходит излучение;

расходимость ЛИ – плоский или телесный угол, характеризующий ширину диаграммы направленности ЛИ в дальней зоне по заданному уровню углового распределения энергии или мощности ЛИ, определяемому по отношению к его максимальному значению;

угловой (видимый) размер источника излучения – величина, которая в общем случае определяется по формуле

$$\alpha = \frac{2}{R} \sqrt{\frac{S_0 \cdot \cos \theta}{\pi}} \quad \text{или} \quad \alpha = d \cdot \cos \theta / R,$$

где S_0 – площадь источника излучения;

R – расстояние от точки наблюдения до источника;

θ – угол между нормалью (перпендикуляром) к поверхности источника и направлением визирования (одна из прямых, соединяющих одну из двух диаметрально противоположных точек источника и глаз);

d – диаметр источника излучения (пучка ЛИ – для зеркально отраженного ЛИ, пятна – для диффузно отражающей поверхности);

хроническое воздействие ЛИ – систематически повторяющееся воздействие, которому подвергаются люди, профессионально связанные с ЛИ;

частота следования импульсов ЛИ – отношение числа импульсов ЛИ к единичному интервалу времени наблюдения;

энергетическая экспозиция – физическая величина, определяемая интегралом облученности по времени;

юстировка лазера – совокупность операций по регулировке оптических элементов лазерного изделия для получения требуемых пространственно-энергетических характеристик ЛИ.

Таблица 1

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу одиночных импульсов коллимированного или рассеянного ЛИ при ограничивающей апертуре d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м

Спектральный диапазон λ , нм	Длительность воздействия t , с	$H_{пду}$, Дж \cdot м $^{-2}$, $E_{пду}$, Вт \cdot м $^{-2}$
$180 < \lambda \leq 380$	$t \leq 10^{-9}$	$H_{пду} = 2,5 \cdot 10^7 \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$180 < \lambda \leq 302,5$	$10^{-9} < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 25$ $E_{пду} = 25 / t$
$302,5 < \lambda \leq 315$	$10^{-9} < t \leq 10^{-15} \cdot 10^{0,8(\lambda - 295)}$ $10^{-15} \cdot 10^{0,8(\lambda - 295)} < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 4,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[4]{t}$ $H_{пду} = 0,8 \cdot 10^{0,2(\lambda - 295)}$ $E_{пду} = (0,8 \cdot 10^{0,2(\lambda - 295)}) / t$
$315 < \lambda \leq 380$	$10^{-9} < t \leq 10$ $10 < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 4,4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[4]{t}$ $H_{пду} = 8 \cdot 10^3$ $E_{пду} = (8 \cdot 10^3) / t$

Примечание. Во всех случаях $W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$, $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$.

Таблица 2

Предельные однократные суточные дозы $H_{пду}^{\Sigma}$ ($3 \cdot 10^4$) при облучении глаз и кожи ЛИ в спектральном диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм)

Спектральный диапазон λ , нм	$H_{пду}^{\Sigma}$ ($3 \cdot 10^4$), Дж \cdot м $^{-2}$,
$180 < \lambda \leq 302,5$	25
$302,5 < \lambda \leq 315$	$0,8 \cdot 10^{0,2(\lambda - 295)}$
305	80
307,5	250
310	$8 \cdot 10^2$
312,5	$2,5 \cdot 10^3$
315	$8 \cdot 10^3$
$315 < \lambda \leq 380$	$8 \cdot 10^3$

Таблица 3

Соотношения для определения $W_{пду}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного ЛИ в спектральном диапазоне Π ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при длительности воздействия меньше 1 с и ограничивающей апертуре d_a диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м

Спектральный диапазон λ , нм	Длительность воздействия t , с	$W_{пду}$, Дж
$380 < \lambda \leq 600$	$t \leq 2,3 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2,3 \cdot 10^{-11} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-8}$
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$5,9 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$600 < \lambda \leq 750$	$t \leq 6,5 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$6,5 \cdot 10^{-11} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$1,2 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$750 < \lambda \leq 1000$	$t \leq 2,5 \cdot 10^{-10}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2,5 \cdot 10^{-10} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$3,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$1000 < \lambda \leq 1400$	$t \leq 10^{-9}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$10^{-9} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	10^{-6}
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$7,4 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$

Таблица 4

Соотношения для определения $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного ЛИ в спектральном диапазоне Π ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при длительности воздействия больше 1 с и ограничивающей апертуре d_a диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м

Спектральный диапазон λ , нм	Длительность воздействия t , с	$P_{пду}$, Вт
$380 < \lambda \leq 500$	$1,0 < t \leq 5,0 \cdot 10^2$	$6,9 \cdot 10^{-5} / \sqrt[3]{t}$
	$5,0 \cdot 10^2 < t \leq 10^4$	$3,7 \cdot 10^{-3} / t$
	$t > 10^4$	$3,7 \cdot 10^{-7}$
$500 < \lambda \leq 600$	$1,0 < t \leq 2,2 \cdot 10^3$	$5,9 \cdot 10^{-5} / \sqrt[3]{t}$
	$2,2 \cdot 10^3 < t \leq 10^4$	$10^{-2} / t$
	$t > 10^4$	10^{-6}
$600 < \lambda \leq 700$	$1,0 < t \leq 2,2 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^{-4} / \sqrt[3]{t}$
	$2,2 \cdot 10^3 < t \leq 10^4$	$2,0 \cdot 10^{-2} / t$
	$t > 10^4$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
$700 < \lambda \leq 750$	$1,0 < t \leq 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-4} / \sqrt[3]{t}$
	$t > 10^4$	$5,5 \cdot 10^{-6}$
$750 < \lambda \leq 1000$	$1,0 < t \leq 10^4$	$3,0 \cdot 10^{-4} / \sqrt[3]{t}$
	$t > 10^4$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
$1000 < \lambda \leq 1400$	$1,0 < t \leq 10^4$	$7,4 \cdot 10^{-4} / \sqrt[3]{t}$
	$t > 10^4$	$3,5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5

Зависимость величины вспомогательного коэффициента (V_t) от видимого углового размера протяженного источника излучения (α) для различных интервалов длительности воздействия (облучения)

Длительность воздействия (облучения) t , с	Вспомогательный коэффициент V_t	Предельный видимый угловой размер источника $\alpha_{пред}$, рад
$t \leq 10^{-9}$	10^3	10^{-2}
$10^{-9} < t \leq 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^{-3}$
$10^{-7} < t \leq 10^{-5}$	$8,2 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
$10^{-5} < t \leq 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
$10^{-4} < t \leq 10^{-2}$	$8,2 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
$10^{-2} < t \leq 1$	$2,8 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^{-3}$
$t > 1$	10^3	10^{-2}

Таблица 6

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при ограничивающей апертуре d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м

Спектральный диапазон λ , нм	Длительность воздействия t , с	$H_{пду}$, Дж \cdot м $^{-2}$, $E_{пду}$, Вт \cdot м $^{-2}$
$380 < \lambda \leq 500$	$10^{-10} < t \leq 10^{-1}$	$H_{пду} = 2,5 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{t}$
	$10^{-1} < t \leq 1$	$H_{пду} = 50,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$
	$1 < t \leq 10^2$	
	$t > 10^2$	
$500 < \lambda \leq 900$	$10^{-10} < t \leq 3$	$H_{пду} = 7,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{t}$
	$3 < t \leq 10^2$	$E_{пду} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$
	$t > 10^2$	$E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$
$900 < \lambda \leq 1400$	$10^{-10} < t \leq 1$	$H_{пду} = 2,0 \cdot 10^4 \cdot \sqrt[3]{t}$
	$1 < t \leq 10^2$	$E_{пду} = 2,0 \cdot 10^4 / \sqrt[3]{t^4}$
	$t > 10^2$	$E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$

Примечание. $W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$, $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$.

Таблица 7

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу импульсного либо непрерывного коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) с ограничивающей апертурой d_a диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м, $S_a = 10^{-6}$ м²

Спектральный диапазон λ , нм	Длительность воздействия t , с	$H_{пду}$, Дж · м ⁻² , $E_{пду}$, Вт · м ⁻²
$1400 < \lambda \leq 1800$	$10^{-10} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 2,0 \cdot 10^4 \cdot \sqrt[3]{t}$ $E_{пду} = 2,0 \cdot 10^4 / \sqrt[3]{t^4}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$
$1800 < \lambda \leq 2500$	$10^{-10} < t \leq 3$ $3 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 7,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$
$2500 < \lambda \leq 10^5$	$10^{-10} < t \leq 10^{-1}$ $10^{-1} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 2,5 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{t}$ $H_{пду} = 5,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5,0 \cdot 10^2$

Примечание. $W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$, $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$.

УТВЕРЖДЕНО

Постановление
Совета Министров
Республики Беларусь
25.01.2021 № 37

ГИГИЕНИЧЕСКИЙ НОРМАТИВ

«Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий»

1. Настоящий гигиенический норматив устанавливает обязательные для соблюдения всеми пользователями допустимые значения показателей безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий.

Настоящим гигиеническим нормативом определяются:

показатели безопасности искусственной световой среды на рабочих местах с разными характеристиками зрительных работ в помещениях производственных зданий (таблица 1);

показатели безопасности искусственной световой среды на рабочих поверхностях с разными характеристиками зрительных работ в помещениях общественных зданий (таблица 2);

показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий (таблица 3);

требования безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий;