РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ

Міністэрства аховы здароўя

ГАЛОЎНЫ ДЗЯРЖАЎНЫ САНІТАРНЫ ЎРАЧ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

вул.Мяснікова, 39, 220048, г.Мінск
факс 200-64-59 E-mail:mrimzha@belcmt.by

Телефон 222-69-97

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

Министерство здравоохранения

ГЛАВНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ ВРАЧ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ул.Мясникова, 39, 220048, г.Минск
факс 200-64-59 E-mail:mrimzha@belcmt.by

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 16

Об утверждении Санитарных правил и норм 2.2.4.13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий»

В целях исполнения Закона Республики Беларусь «О санитарно-эпидемическом благополучии населения» в редакции от 23 мая 2000 года (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000г., № 52, 2/172) постановляю:

1. Утвердить прилагаемые Санитарные правила и нормы 2.2.4.13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий» и ввести их в действие на территории Республики Беларусь с 03 апреля 2006 г.

2. С момента введения в действие Санитарных правил и норм 2.2.4.13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий» не применять на территории Республики Беларусь «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» № 5804, утвержденные заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 31 июля 1991 г.

3. Главным государственным санитарным врачам административных территорий данное постановление довести до сведения всех заинтересованных и установить контроль за его исполнением.

М.И. Римжа

УТВЕРЖДЕНО
Постановление
Главного государственного
санитарного врача
Республики Беларусь
№16 от 17.02.06 г.

Санитарные правила и нормы 2.2.4 -13-2-2006
«ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ»

ГЛАВА 1
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящие Санитарные правила и нормы (далее - Правила) действуют на всей территории Республики Беларусь и устанавливают:
предельно допустимые уровни (далее - ПДУ) лазерного излучения (далее - ЛИ) в диапазоне длин волн 180 – 10^5 нм при различных условиях воздействия на человека;
классификацию лазеров по степени опасности генерируемого ими излучения;
требования к устройству и эксплуатации лазеров;
требования к производственным помещениям, размещению оборудования и организации рабочих мест;
требования к персоналу;
контроль за состоянием производственной среды;
требования к применению средств защиты;
требования к медицинскому контролю.

2. Настоящие Правила устанавливают санитарно-гигиенические требования к ПДУ воздействия, которые должны соблюдаться при проектировании и изготовлении отечественных, а также эксплуатации отечественных и импортных лазерных изделий: промышленных, научных, медицинских, и др.

3. Требования настоящих Правил распространяется на персонал, подвергающийся воздействию ЛИ в связи с производственной деятельностью.

4. Требования настоящих Правил в части ПДУ распространяется также и на лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией лазерных изделий, но являющихся участниками (зрители, актеры, студенты, школьники, преподаватели, обслуживающий персонал и др.) театрально-зрелищных мероприятий или демонстраций в учебных заведениях с применением лазерных изделий.

5. Настоящие Правила предназначаются для организаций, проектирующих и эксплуатирующих лазерные изделия, являющиеся источником ЛИ, осуществляющих разработку, производство, закупку и реализацию этих лазерных изделий, а также для органов и учреждений государственного санитарного надзора (далее - госсаннадзор).

6. Ответственность за соблюдение требований настоящих Правил возлагается на руководителей организаций, осуществляющих разработку, проектирование, закупку, реализацию и эксплуатацию лазерных изделий.

7. Ссылки на обязательность соблюдения установленных настоящими Правилами санитарно-гигиенических требований должны быть включены в нормативные правовые акты, технические нормативные правовые акты (далее – ТНПА), локальные нормативные правовые акты, технологические, эксплутационные и другие технические документы, устанавливающие требования к конструкции, качеству, безопасности и условиям эксплуатации лазерных изделий.

8. Не допускается сооружение лазерных изделий или постановка их на производство, продажа и использование, а также закупка и ввоз на территорию Республики Беларусь без гигиенической оценки их безопасности для здоровья, осуществляемой для каждого типопредставителя и получения гигиенического заключения в соответствии с установленными требованиями.

9. Контроль за соблюдением настоящих Правил в организациях, эксплуатирующих лазерные изделия, должен осуществляться органами и учреждениями госсаннадзора и нанимателем в соответствии с Типовой инструкцией о проведении контроля за соблюдением законодательства об охране труда в организации, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. №159.

10. Руководители организаций и учреждений независимо от их организационно-правовых форм обязаны привести рабочие места персонала в соответствии с требованиями настоящих Правил.

ГЛАВА 2
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Апертура - отверстие в защитном корпусе лазера, через которое испускается ЛИ.

Блокировка и сигнализация - системы, информирующие о работе лазерного изделия, режиме его работы и препятствующие доступу персонала в лазерно-опасную зону и к электрическим цепям высокого напряжения.

Диаметр пучка лазерного излучения - диаметр поперечного сечения пучка лазерного излучения, внутри которого проходит заданная доля энергии или мощности.

Длительность воздействия (облучения) - длительность импульса, серии импульсов или непрерывного излучения, попадающего 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 с целью выявления степени опасности и вредности для организма человека.

Закрытые лазерные изделия - изделия с экранированным пучком ЛИ, при работе которых исключено воздействие на человека ЛИ любых уровней.

Защитный корпус (кожух) - часть лазерного изделия, предназначенная для предотвращения доступа человека к ЛИ и высокому электрическому напряжению.

Зеркально отраженное ЛИ - излучение, отраженное под углом, равным углу падения.

Импульсное излучение – излучение, существующее в ограниченном интервале времени, меньшем времени наблюдения.

Коллимированное лазерное излучение - ЛИ, заключенное в ограниченном телесном угле.

Коэффициент пропускания – отношение потока излучения, прошедшего сквозь тело, к потоку излучения, упавшего на него.

Лазер - генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного излучения.

Лазерное изделие - лазер и установка, включающая лазер и другие технические компоненты, обеспечивающие ее целевое назначение.

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 (далее - ЛОЗ) – 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 – круглая диафрагма, ограничивающая поверхность, по которой производится усреднение облученности или энергетической экспозиции.

Однократное воздействие ЛИ - случайное воздействие ЛИ с длительностью не превышающей $3 \cdot 10^4$ с.

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 $180 < \lambda \leq 380$ нм (I).

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.

Предельный угол - соответствует угловому размеру источника, при котором последний может рассматриваться как точечный.

Протяженный источник - источник лазерного излучения, угловой размер которого больше предельного угла.

Рабочая зона - пространство высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки, на которой находятся рабочие 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 лазерного излучения в дальней зоне по заданному уровню углового распределения энергии или мощности ЛИ, определяемому по отношению к его максимальному значению.

Угловой размер источника излучения (видимый) - величина, которая в общем случае определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{2}{R}\sqrt{\frac{S_0 \cdot \cos\theta}{\pi}},$$

где S_0 - площадь источника, R - расстояние от точки наблюдения до источника, θ - угол между нормалью к поверхности источника и направлением визирования.

Хроническое воздействие ЛИ - систематически повторяющееся воздействие, которому подвергаются люди, профессионально связанные с ЛИ.

Частота следования импульсов ЛИ - отношение числа импульсов лазерного излучения 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.

ГЛАВА 3

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ГЛАЗА И КОЖУ

11. Биологические эффекты воздействия ЛИ на организм определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, 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).

12. Предельно допустимые уровни (ПДУ) ЛИ устанавливаются для двух условий облучения - однократного и хронического для трех диапазонов длин волн:

I. $180 < \lambda \leq 380$ нм

II. $380 < \lambda \leq 1400$ нм

III. $400 < \lambda \leq 10^5$ нм

13. Нормируемыми параметрами ЛИ являются энергетическая экспозиция H и облученность E, усредненные по ограничивающей апертуре.

14. Для определения предельно допустимых уровней $H_{пду}$ и $E_{пду}$ при воздействии ЛИ на кожу усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ м (площадь апертуры $S_a = 10^{-6}$ м^2).

15. Для определения предельно допустимых уровней $H_{пду}$ и $E_{пду}$ при воздействии на глаза ЛИ в диапазонах I и III усреднение производится также по апертуре диаметром $1{,}1\cdot10^{-3}$м, а в диапазоне II - по апертуре диаметром $7\cdot10^{-3}$ м.

16. Наряду с энергетической экспозицией и облученностью нормируемыми параметрами являются также энергия W и мощность P излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры.

При оценке воздействия на глаза лазерного излучения в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) нормирование энергии и мощности ЛИ, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром $7\cdot10^{-3}$ м, является первостепенным.

Указанные выше энергетические параметры связаны соотношениями:

$$H_{пду} = W_{пду} / S_a; \quad E_{пду} = P_{пду} / S_a \qquad (1)$$

Параметры $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ могут использоваться независимо в соответствии с решаемой задачей.

17. 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 в спектральном диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) при ограничивающей апертуре $1{,}1\cdot10^{-3}$ м приведены в таблице 1 приложения 1.

18. Для определения ПДУ ЛИ в диапазоне $180 < \lambda \leq 380$ нм при воздействии на глаза и кожу серии импульсов 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 пунктом 17 настоящих Правил:

$$H_i \leq H_{пду}(\tau); \qquad E_i \leq E_{пду}(\tau), \qquad (2)$$

если временный интервал между облучениями отдельными импульсами меньше 600 с, значения $H_{пду}$ ($E_{пду}$) и $W_{пду}$ ($P_{пду}$) определяется согласно пункту 32 по формулам (14) и (16) настоящих Правил;

при условии выполнения предыдущего требования, однократная суточная доза $H^{\Sigma}(3\cdot10^4)$ не должна превышать значений, определяемых в таблице 2 приложения 1, так как воздействие на биологические ткани излучения в диапазоне $180 < \lambda \leq 380$ нм обладает свойством аддитивности:

$$H^{\Sigma}(3\cdot10^4) = \sum_{i=1}^{м} H_i(\tau) \leq H^{\Sigma}{}_{пду}(3\cdot10^4) \qquad (3)$$

19. Если излучение концентрируется на коже или роговице глаза в области, наименьший размер которой равен или меньше диаметра ограничивающей апертуры $1{,}1\cdot10^{-3}$ м, максимальное значение облученности E и энергетической экспозиции H не должно превышать значений $E_{пду}$ и $H_{пду}$, определяемых пунктами 17 и 18 настоящих Правил.

20. Для определения предельно допустимых значений $H_{пду}$ и $E_{пду}$, $W_{пду}$ и $P_{пду}$, а также предельных суточных доз $H_{пду}$ ($3\cdot10^4$) при хроническом облучении глаз и кожи коллимированным или рассеянным ЛИ в диапазоне длин волн I ($180 < \lambda \leq 380$ нм) необходимо соответствующие значения, приведенные в пунктах 17-19, уменьшить в 10 раз.

21. Соотношения для определения $W_{пду}$ и $P_{пду}$ при воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения (наблюдении прямого или зеркально отраженного пучка) в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ нм приведены в таблицах 3 и 4 приложения 1.

22. Если источником неколлимированного (рассеянного или диффузно отраженного) излучения является протяженный объект, предельно допустимые значения энергии $W^d_{пду}$ и мощности $P^d_{пду}$ зависят от видимого углового размера α этого источника.

Значения $W^d_{пду}$ и $P^d_{пду}$ в этом случае находятся умножением значений $W^d_{пду}$ и $P^d_{пду}$ для коллимированного излучения согласно пункта 21 на поправочный коэффициент B:

$$W^d_{пду} = B\cdot W_{пду}; \quad P^d = B\cdot W_{пду}. \qquad (4)$$

Значения B определяются формулой:

$$B = B_t\cdot\alpha^2 + 1; \qquad \alpha > \alpha_{пред} \qquad (5)$$
$$B = 1 \qquad \alpha \leq \alpha_{пред}.$$

Здесь B_t - вспомогательный коэффициент, зависящий от длительности облучения t. Значения $\alpha_{пред}$ и аналитические соотношения для расчета величины B даны в таблице 5 приложения 1.

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

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

24. Если $F_и < 0{,}005$ Гц, воздействие на глаза отдельных импульсов излучения считается независимым. При этом нормируется значение энергии импульса, имеющего максимальную амплитуду:

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

25. Если $F_и > 0{,}005$ Гц, значение предельно допустимой энергии серии импульсов излучения длительностью t при воздействии на глаза $W^c_{пду}$ (t) равно меньшему из двух значений энергии W_1 и W_2, определяемых формулами:

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

где $W_{пду}$ (t) и $W_{пду}$ (τ) - предельно допустимые значения энергий одиночных импульсов длительностью t и τ, соответственно, для коллимированных потоков излучения согласно пункта 21 настоящих Правил;

ξ - определяется отношением максимальной энергии отдельного импульса в рассматриваемой серии к среднему значению:

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

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

$$\begin{aligned} W^c_{пду}(t) &= W_1 \quad \text{при } W_1 \leq W_2 \\ W^c_{пду}(t) &= W_2 \quad \text{при } W_1 > W_2 . \end{aligned} \qquad (9)$$

Предельно допустимое среднее значение энергии одного импульса из серии при этом равно:

$$\overline{W^c}_{пду}(\tau) = W^c_{пду}(t) / N .$$

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

Предельно допустимая средняя мощность серии импульсов лазерного излучения при облучении глаз коллимированным пучком $P^c_{пду}(t)$ равна меньшему из двух значений мощности P_1 и P_2 определяемых формулами:

$$P_1 = P_{пду}(t) \qquad (10)$$

$$P_2 = \frac{W_{пду}(\tau_и)}{t}\left(\frac{N}{\xi}\right)^{2/3},$$

где $P_{пду}$ (t) - значение предельно допустимой мощности импульса длительностью t для коллимированного излучения согласно пункта 21 настоящих Правил.

$$\overline{P^c}_{пду}(t) = P_1 \quad при \quad P_1 \le P_2$$
$$\overline{P^c}_{пду}(t) = P_2 \quad при \; P_1 > P_2 \qquad (11)$$

27. Если источником излучения является протяженный объект, предельно допустимые значения энергии серии импульсов $W^{cd}_{пду}$ (t), средней мощности излучения в серии $P^{cd}_{пду}$ (t), энергии одного импульса в серии определяются умножением предельных значений, заданных формулами (9) и (11) на поправочный коэффициент B, приведенный в пункте 22 настоящих Правил:

$$W^{cd}_{пду}(t) = B \cdot W^c_{пду}(t)$$

$$\overline{P^{cd}}_{пду}(t) = B \cdot \overline{P^c}_{пду}(t) \qquad (12)$$

$$W^{cd}_{пду}(\tau) = B \cdot W^{cd}_{пду}(\tau).$$

28. Для определения предельно допустимых значений $W_{пду}$ и $P_{пду}$ коллимированного или рассеянного ЛИ в диапазоне $380 < \lambda \le 1400$ нм при хроническом воздействии на глаза необходимо уменьшить в 10 раз соответствующие предельные значения для однократного воздействия, приведенные в пунктах 21-27 настоящих Правил.

29. Соотношения для определения значений $H_{пду}$ и $E_{пду}$, а также $W_{пду}$ и $P_{пду}$ при однократном воздействии на кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в диапазоне $380 < \lambda \le 1400$ нм приведены в таблице 6 приложении 1. Диаметр ограничивающей апертуры равен $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ м.

Предельно допустимые уровни при облучении кожи сериями импульсов определены в пункте 32 настоящих Правил.

30. Для определения предельно допустимых значений $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при хроническом воздействии на кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в диапазоне II ($380 < \lambda \le 1400$ нм) необходимо уменьшить в 10 раз соответствующие предельные значения, приведенные в пункте 29 настоящих Правил.

31. Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу импульсного или непрерывного кол-

лимированного или рассеянного излучения в диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) приведены в таблице 7 приложения 1.

32. Предельно допустимые уровни (ПДУ) энергетической экспозиции и облученности при воздействии на глаза и кожу серии импульсов лазерного излучения 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 минут).

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

Значение предельно допустимой энергетической экспозиции серии импульсов $H^c_{пду}(t)$ коллимированного или рассеянного лазерного излучения определяется как меньшее из двух значений H_1 и H_2, заданных формулами:

$$H_1 = H_{пду}(t)$$
$$H_2 = H_{пду}(\tau)\,(N / \xi)^{1/2}\,. \qquad (13)$$

Параметр ξ определен в пунктах 23-27 настоящих Правил.

$$H^c_{пду}(t) = H_1 \text{ при } H_1 \leq H_2$$
$$H^c_{пду}(t) = H_2 \text{ при } H_1 > H_2 \qquad (14)$$

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

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

Предельно допустимая средняя облученность серии импульсов $\overline{E^c}_{пду}(t)$ равна меньшему из двух значений E_1 и E_2, определяемых формулами:

$$E_1 = E_{пду}(t)$$
$$E_2 = \frac{H_{пду}(\tau)}{t}\left(\frac{N}{\xi}\right)^{1/2}. \qquad (15)$$

$$\overline{E^c}_{пду}(t) = E_1 \text{ при } E_1 \leq E_2$$
$$\overline{E^c}_{пду}(t) = E_2 \text{ при } E_1 > E_2 \qquad (16)$$

Во всех случаях

$$W^c_{пду}(t) = 10^{-6} \cdot H^c_{пду}(t)$$

$$P^c_{пду}(t) = 10^{-6} \cdot E^c_{пду}(t)$$

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

$$H^c(\tau_и)_{max} \leq H_{пду}(\tau_и).$$

35. Приведенные выше формулы применяются и при рассмотрении:

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

воздействия на кожу серии импульсов лазерного излучения спектральных диапазонов I, II (180 - 1400 нм).

36. Для определения значений $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при хроническом воздействии на глаза и кожу коллимированного или рассеянного ЛИ в спектральном диапазоне III ($1400 – 10^5$ нм) необходимо уменьшить в 5 раз соответствующие предельные значения для однократного облучения, приведенные в пунктах 31-35 настоящих Правил.

37. Ниже, в данном пункте, рассмотрены правила определения ПДУ при одновременном воздействии на глаза и кожу монохроматического излучения нескольких различных источников. Эти источники в общем случае могут иметь различные характеристики:

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

временные (режимы - непрерывный, импульсный, непрерывный с модуляцией мощности и т.д.);

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

Степень опасности при одновременном действии излучения различных источников является аддитивной в следующих случаях:

воздействие на кожу излучения любых длин волн в диапазоне $180 < \lambda \leq 10^5$ нм;

воздействие на передние среды глаза излучения в диапазонах длин волн $180 < \lambda \leq 380$ нм и $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм;

воздействие на сетчатку глаза излучения в диапазоне длин волн $380 < \lambda \leq 1400$ нм.

Для каждого из перечисленных трех случаев ПДУ устанавливаются независимо. Например, при одновременном воздействии на глаза излучения аргонового лазера (основные длины волн 488 и 514 нм) и лазера на углекислом газе (10600 нм) устанавливаются ПДУ для совместного действия компонент излучения с длинами волн 488 и 514 нм и отдельно - ПДУ для излучения с длиной волны 10600 нм, так как объектом воздействия в первом случае является сетчатка, а во втором роговица глаза.

38. Предельно допустимая суммарная энергия или мощность излучения от нескольких источников, действие которых является аддитивным, определяется следующими формулами:

$$W^{\Sigma}_{пду} = 1 / \sum_{i=1}^{n} (C_i / W^i_{пду})$$

$$P^{\Sigma}_{пду} = 1 / \sum_{i=1}^{n} (C_i / P^i_{пду}) \qquad (17)$$

где n - число источников излучения, действие которых аддитивно; i - условный порядковый номер источника;

$W^i_{пду}$, $P^i_{пду}$ - предельно допустимые значения энергии (мощности) каждого источника;

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

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

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

40. При использовании лазеров в театрально-зрелищных мероприятиях и для демонстраций в учебных заведениях ПДУ для всех участников (зрители, актеры, студенты, школьники, преподаватели, обслуживающий персонал и др.) устанавливается в соответствии с нормами для хронического облучения согласно пунктам 20, 28 и 30 настоящих Правил. Примеры расчетов приводятся в приложении 2.

41. При использовании лазеров как элементов оптических медицинских приборов для подсветки, формирования прицельных меток и других целей, не связанных непосредственно с лечебным действием излучения, ПДУ для глаз и кожи пациентов, врачей и обслуживающего персонала ус-

танавливаются в соответствии с нормами для хронического облучения согласно пунктов 20, 28 и 30 настоящих Правил. Примеры расчетов приводятся в приложении 2.

ГЛАВА 4
КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ГЕНЕРИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

42. Определение класса лазера основано на учете его выходной энергии (мощности) и ПДУ при однократном воздействии генерируемого излучения.

43. По степени опасности генерируемого излучения лазеры подразделяются на четыре класса.

44. К лазерам I класса относят полностью безопасные лазеры, то есть такие лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.

45. Лазеры II класса - это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком (опасность при облучении кожи существует только в I и III спектральных диапазонах); диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.

46. К лазерам III класса относятся такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным излучением. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующие излучение в спектральном диапазоне II.

47. Четвертый (IV) класс включает такие лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

48. Лазеры классифицирует организация-изготовитель по выходным характеристикам излучения расчетным методом и в соответствии с Приложением 3.

49. При определении класса опасности лазера, излучающего на двух и более длинах волн, основываются на значениях предельно допустимых уровней, рассчитанных согласно пунктов 37-39 настоящих Правил.

50. Класс опасности лазерного изделия определяется классом используемого в нем лазера.

ГЛАВА 5
ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ЛАЗЕРАМИ

51. Сущность дозиметрического контроля ЛИ на рабочих местах заключается в измерении энергетических параметров излучения, воздействующего на глаза и кожу конкретного работающего в течение рабочего дня и сопоставлении измеренных уровней с нормируемыми величинами.

52. Дозиметрический контроль проводится в соответствии с регламентом, утвержденным администрацией организации, но не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также в следующих случаях:

при приемке в эксплуатацию новых лазерных изделий II - IV классов;

при внесении изменений в конструкцию действующих лазерных изделий;

при изменении конструкции средств коллективной защиты;

при проведении экспериментальных и наладочных работ;

при аттестации рабочих мест;

при организации новых рабочих мест.

53. Дозиметрический контроль для лазеров (лазерных изделий) 1-го класса опасности не проводится.

54. В зависимости от результатов динамического наблюдения за уровнями ЛИ, создаваемого конкретными источниками, при отсутствии превышения ПДУ ЛИ, периодичность проведения измерений может быть увеличена по согласованию с территориальными органами и учреждениями госсанндазора, но не реже, чем 1 раз в три года.

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

56. При отсутствии сведений о рабочей длине волны и режимах работы лазера (лазерного изделия) измерения уровней лазерного излучения не проводятся.

57. Дозиметры лазерного излучения должны соответствовать требованиям ГОСТа 24469-80 «Средства измерений параметров лазерного излучения. Общие технические требования».

58. При измерениях энергетических параметров лазерного излучения предел допускаемой погрешности не должен превышать 30%.

59. Аппаратура, применяемая для измерений энергетических параметров ЛИ, должна проходить государственную поверку в установленном порядке.

60. Для проведения дозиметрического контроля приказом руководителя организации из числа специалистов, имеющих соответствующую квалификацию, назначается лицо, ответственное за проведение дозиметрического контроля лазерных изделий числа инженерно-технических ра-

ботников. Лицо, назначенное для проведения дозиметрического контроля, должно пройти специальное обучение.

61. Методы проведения различных форм дозиметрического контроля ЛИ определены ГОСТом 12.1.031-81 «Система стандартов безопасности труда. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного измерения».

62. Контроль уровней других опасных и вредных производственных факторов, сопутствующих работе лазерных изделий, производится в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами (далее – ТНПА).

ГЛАВА 6
ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЛАЗЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

63. Технические условия на лазерные изделия согласовываются в обязательном порядке с Республиканским центром гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья.

64. Конструкция лазерных изделий должна обеспечивать защиту персонала от лазерного излучения и других опасных и вредных производственных факторов.

65. В паспорте (формуляре) на лазерное изделие должно быть указано:

длина волны излучения;

выходная мощность (энергия);

длительность импульса;

частота следования импульсов;

длительность серии импульсов;

начальный диаметр пучка излучения по уровню $\exp^{-2}$;

расходимость пучка по уровню $\exp^{-2}$;

класс опасности лазера;

сопутствующие опасные и вредные факторы.

66. За определение класса опасности лазеров ответственность несет организация-изготовитель.

Контроль за правильностью установления класса лазера возлагается на органы и учреждения госсаннадзора.

67. Лазер, независимо от класса, должен иметь защитный корпус (кожух).

68. Защитный корпус (кожух) или его части, снимаемые при техническом обслуживании и открывающие доступ к ЛИ и высокому напряжению в цепях электропитания, должны иметь защитную блокировку.

69. Срабатывание блокировки на работающем лазерном изделии или не полностью разряженной батарее конденсатора должно сопровождаться четким визуальным или звуковым сигналом тревоги.

70. Пульт управления лазерных изделий III и IV классов должен оснащаться съемным ключом.

71. Лазеры III и IV классов, генерирующие излучение в видимом диапазоне, и лазеры IV класса с генерацией в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах должны снабжаться световыми сигнальными устройствами, работающими с момента начала генерации и до ее окончания. Световой предупредительный сигнал должен быть хорошо виден через защитные очки.

72. Пульт (панель) управления лазерными изделиями, независимо от класса, должен размещаться так, чтобы при регулировке и работе не происходило облучения персонала ЛИ. Конструкция лазерных изделий III, IV классов должна обеспечивать возможность дистанционного управления.

73. Лазеры III, IV классов должны содержать дозиметрическую аппаратуру.

74. Лазерные изделия III, IV классов должны иметь прерыватель пучка или аттенюатор для ограничения распространения излучения.

75. В лазерных изделиях III, IV классов необходимо предусматривать возможность снижения выходной мощности (энергии) излучения при их техническом обслуживании.

76. Лазерные изделия III, IV классов, генерирующие излучение в невидимой части спектра, должны иметь встроенные лазеры I, II класса с видимым излучением для визуализации основного лазерного пучка.

77. Все оптические системы наблюдения (окуляры, смотровые окна, экраны) должны обеспечивать снижение энергии (мощности) проходящего через них излучения до предельно допустимых уровней.

78. Лазерные изделия, в которых используется волоконно-оптическая передача излучения, должны быть обеспечены специальным инструментом для отсоединения систем передачи и механическими ослабителями лазерного пучка на соединителях.

79. В лазерных изделиях, предназначенных для использования в театрально-зрелищных мероприятиях, учебных заведениях, на открытых пространствах (топографическая съемка, лидары, навигационное оборудование, связь), запрещается применение лазеров III, IV класса.

80. Лазеры и лазерные изделия любого класса должны иметь маркировку в соответствии с требованиями, представленными в приложении 4.

ГЛАВА 7
ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

81. При эксплуатации лазерных изделий II - IV класса приказом руководителя организации из числа специалистов, имеющих соответствующую квалификацию, назначается работник, прошедший специальное обучение, отвечающий за обеспечение безопасных условий работы.

82. При изменении потребителями технических параметров лазерного изделия, влияющих на характер его работы или выполняемые им функции, лицо или организация, осуществляющие эти изменения, несут ответственность за проведение повторной классификации и изменение знаков и надписей на лазерном изделии.

83. Лазерные изделия III - IV класса до начала их эксплуатации должны быть приняты комиссией, назначенной администрацией организации, с обязательным включением в ее состав представителей территориальных органов и учреждений госсанндазора. Комиссия устанавливает выполнение требований настоящих Правил, решает вопрос о вводе лазерных изделий в эксплуатацию. Решение комиссии оформляется актом.

84. Для ввода лазерного изделия III и IV класса в эксплуатацию комиссии, назначенной администрацией организации, с обязательным включением в ее состав территориальных органов и учреждений госсанндазора, должна быть представлена следующая документация:

паспорт на лазерное изделие;

инструкция по эксплуатации и технике безопасности;

утвержденный план размещения лазерных изделий;

санитарный паспорт лазерного изделия согласно приложению 5.

85. Безопасность на рабочих местах при эксплуатации лазерных изделий должна обеспечиваться конструкцией изделия. В пределах рабочей зоны уровни воздействия ЛИ и других неблагоприятных производственных факторов не должны превышать значений, установленных настоящими Правилами и другими действующими ТНПА.

86. По окончании работы на лазерных изделиях III, IV класса ключ управления должен быть удален из гнезда.

87. Запрещается отключать блокировку и сигнализацию во время работы лазера или зарядки конденсаторных батарей.

88. Пучок излучения лазеров II - IV класса должен ограничиваться на конце своей полезной траектории диффузным отражателем или поглотителем.

89. Для предотвращения пожара при эксплуатации лазерных изделий IV класса в качестве ограничителей следует применять хорошо охлаждаемые неплоские металлические мишени или огнеупорные материалы достаточной толщины. При этом следует соблюдать осторожность, так как оплавление этих материалов может приводить к зеркальному отражению излучения.

90. При использовании лазерных изделий III и IV класса область взаимодействия лазерного пучка и мишени должна ограждаться материалами, непрозрачными для лазерного излучения.

91. При транспортировании излучения от лазеров III, IV класса должны использоваться специальные системы, исключающие попадание в рабочие помещения прямого и зеркально отраженного излучения.

92. Защитные экраны систем транспортирования не должны разрушаться при случайном кратковременном воздействии на них транспортируемого лазерного излучения.

93. Системы транспортирования перед началом эксплуатации должны быть приняты комиссией в соответствии с пунктом 85 настоящих Правил.

94. Открытые траектории излучения лазеров II класса должны располагаться выше или ниже уровня глаз работающих.

95. Зеркала, линзы и делители пучков должны быть жестко закреплены для предотвращения случайных зеркальных отражений излучения лазерных изделий II - IV класса в рабочую зону; перемещение их может производиться во время работы лазера только под контролем ответственного лица с обязательным применением средств индивидуальной защиты.

96. Запрещается проводить визуальную юстировку лазеров II -IV класса без соответствующих средств защиты.

97. При работе с лазерными изделиями III и IV класса запрещается использовать оптические системы наблюдения (бинокли, микроскопы, теодолиты и др.), не оснащенные средствами защиты от излучения.

98. Безопасное применение лазерных изделий на строительстве, при демонстрациях в учебных заведениях, в театрально-зрелищных мероприятиях и на открытых пространствах должно обеспечиваться организационно-техническими мероприятиями, включающими предварительную разработку схемы размещения лазеров и траектории лазерных пучков, при строгом контроле за соблюдением настоящих Правил. В указанных случаях запрещается применение лазерных изделий III и IV класса.

99. Зоны распространения лазерного излучения должны обозначаться знаками лазерной опасности согласно приложения 3 (рисунок 2). Если лазерный пучок выходит за пределы контролируемой зоны, в конце его полезной траектории должен быть ограничитель.

100. Безопасность при работе с открытыми лазерными изделиями обеспечивается путем применения средств индивидуальной защиты.

101. На рабочем месте необходимо иметь инструкцию по технике безопасности для работающих на лазерном изделии, аптечку и инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшему.

102. Производственные помещения, в которых эксплуатируются лазерные изделия, должны отвечать требованиях действующих строительных норм и правил и обеспечивать безопасность обслуживания изделий.

103. Для лазерных изделий III, IV класса, исходя из конструктивных и технологических особенностей, должны быть соблюдены следующие нормативы свободного пространства:

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

с задней и боковой сторон лазерных изделий при наличии открывающихся дверей, съемных панелей и других устройств, к которым необходим доступ – не менее 1,0 м.

104. Стены и выгородки помещений, в которых размещаются лазерные изделия III, IV классов, должны изготовляться из несгораемых материалов с матовой поверхностью.

105. Естественное и искусственное освещение помещений должно удовлетворять требованиям действующих ТНПА. В помещениях или зонах, где используются очки для защиты от ЛИ, уровни освещенности должны быть повышены на 1 ступень.

106. Параметры микроклимата и содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям действующих ТНПА.

107. Помещения, в которых при эксплуатации лазерных изделий происходит образование вредных газов и аэрозолей, должны быть оборудованы общеобменной, а в необходимых случаях и местной вытяжной вентиляцией для удаления загрязненного воздуха с последующей очисткой его. В случае использования веществ I и II классов опасности и вредности должна быть предусмотрена аварийная вентиляция.

108. Двери помещений, в которых размещены лазерные изделия III, IV класса, должны быть заперты на внутренние замки с блокирующими устройствами, исключающими доступ в помещения во время работы лазеров.

109. На двери должен быть знак лазерной опасности согласно приложению 3 (рисунок 2) и автоматически включающееся световое табло «Опасно, работает лазер!»

ГЛАВА 8
ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛУ

110. Персонал, допускаемый к работе с лазерными изделиями, должен пройти обучение безопасным методам и приемам работы, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда

111. Персонал, обслуживающий лазерные изделия, обязан изучить техническую документацию, инструкцию по эксплуатации, настоящие Правила; ознакомиться со средствами защиты и инструкцией по оказанию первой помощи при несчастных случаях.

112. При изменении технических параметров лазеров или характера выполняемых работ проводится внеплановый инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии.

113. К лицам, временно привлекаемым к работе с лазерами, должны предъявляться те же требования, что и к постоянно работающему персоналу.

114. Персоналу запрещается:

осуществлять наблюдение прямого и зеркально отраженного лазерного излучения при эксплуатации лазеров II - IV класса без средств индивидуальной защиты;

размещать в зоне лазерного пучка предметы, вызывающие его зеркальное отражение, если это не связано с производственной необходимостью.

115. В случае подозрения или очевидного облучения глаз ЛИ следует немедленно обратиться к врачу - офтальмологу для специального обследования.

116. О всех нарушениях в работе лазера, несоответствии средств индивидуальной защиты предъявленным к ним требованиям и других отступлениях от нормального режима работы персонал обязан немедленно доложить администрации и записать в журнале оперативных записей по эксплуатации и ремонту лазерного изделия.

ГЛАВА 9
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

117. Средства защиты должны снижать уровни ЛИ, действующего на человека, до величин ниже ПДУ. Они не должны уменьшать эффективность технологического процесса и работоспособность человека. Их защитные характеристики должны оставаться неизменными в течение установленного срока эксплуатации.

118. Средства защиты от ЛИ подразделяются на коллективные и индивидуальные. Выбор средства защиты в каждом конкретном случае осуществляется с учетом требований безопасности для данного процесса.

119. Средства коллективной защиты (далее - СКЗ) должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» и ГОСТ 12.2.049-80 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

120. Средства индивидуальной защиты (далее - СИЗ) применяются при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ, работ с открытыми лазерными изделиями типа лидара и т.п.

121. СИЗ должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» и маркироваться в соответствии с ГОСТ 12.4.115-82 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты работающих. Общие требования к маркировке».

122. СИЗ от ЛИ включают в себя средства защиты глаз и лица (очки защитные, щитки защитные лицевые, защитные насадки для настройщиков резонаторов газовых лазеров), средства защиты рук, специальную одежду.

123. При выборе СИЗ необходимо учитывать:
рабочую длину волны излучения;
оптическую плотность светофильтра.

124. Оптическая плотность светофильтров, применяемых в очках защитных и щитках лицевых, должна удовлетворять требованиям:

$$D_\lambda \geq \lg \frac{H_{max} \cdot (E_{max})}{H_{пду} \cdot (E_{пду})}, \qquad (19)$$

или (для диапазона $380 < \lambda \leq 1400$ нм)

$$D_\lambda \geq \lg \frac{W_{max} \cdot (P_{max})}{W_{пду} \cdot (P_{пду})} \qquad (20)$$

где H_{max}, E_{max}, W_{max}, P_{max} - максимальные значения энергетических параметров ЛИ рабочей зоне;

$H_{пду}$, $E_{пду}$, $W_{пду}$, $P_{пду}$ - предельно допустимые уровни энергетических параметров при хроническом облучении.

125. Защитные лицевые щитки необходимо применять в тех случаях, когда ЛИ представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица.

126. При настройке резонаторов газовых лазеров, работающих в видимой области спектра, для защиты глаз следует применять защитные насадки (далее - ЗН). ЗН могут использоваться самостоятельно или в сочетании с оптическими устройствами, такими как диоптрийная трубка.

127. Перечень очков, щитков и насадок, выпускаемых промышленностью, приведен в приложении 6.

ГЛАВА 10
МЕДИЦИНСКИЙ КОНТРОЛЬ

128. К обслуживанию лазерных изделий допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие обязательные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в соответствии с Порядком проведения обязательных медицинских осмотров работников, утвержденным постановлением Министерства Здравоохранения Республики Беларусь «О порядке проведения обязательных медицинских осмотров работников» от 8 августа 2000г. № 33 и не имеющих медицинских противопоказаний.

129. Обследование глаз должно выполняться специально подготовленными врачами-офтальмологами.

130. В случае очевидного или подозреваемого опасного облучения глаз работающих должно проводиться внеочередное медицинское обследование пострадавшего специально подготовленными специалистами. Медицинское обследование должно дополняться гигиенической оценкой обстоятельств, при которых произошло опасное облучение.

131. При выявлении отклонений в состоянии здоровья персонала, препятствующих продолжению работы с лазерами, администрация, в соответствии с рекомендациями медицинской комиссии лечебного профилактического учреждения, на базе которого проводился медицинский осмотр, с согласия работающего, решает вопрос о его трудоустройстве.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

λ - длина волны ЛИ (нм).

α - видимый угловой размер источника излучения (рад).

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

ξ - параметр, характеризующий нестабильность энергии импульсов в серии.

τ - длительность импульса лазерного излучения (с).

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

D - оптическая плотность.

D_λ - оптическая плотность светофильтра на длине волны λ.

$d_п$ - диаметр пучка ЛИ (м).

d_a - диаметр ограничивающей апертуры (м).

$d_{зр}$ - диаметр зрачка глаза (м, мм).

E – облученность ($Вт \cdot м^{-2}$).

$E^c(t)$ - облученность, создаваемая серией импульсов излучения общей длительностью t.

$E_{пду}$ - предельно допустимый уровень (ПДУ) облученности ($Вт \cdot м^{-2}$).

$E^c_{пду}(t)$ - предельно допустимое значение облученности серии импульсов общей длительностью t.

$E^c_{пду}(\tau)$ - предельно допустимое значение облученности одного импульса из серии.

$F_и$ - частота следования импульсов излучения (Гц).

H - энергетическая экспозиция лазерного излучения ($Дж \cdot м^{-2}$).

H_i - энергетическая экспозиция i-го импульса из серии импульсов.

$H^\Sigma(3 \cdot 10^4)$ - суммарное значение энергетической экспозиции за рабочий день ($t=3 \cdot 10^4$ с) – суточная доза.

$H_{пду}$ - предельно допустимое значение энергетической экспозиции ЛИ.

$H_{пду}(\tau)$ - предельно допустимое значение энергетической экспозиции импульса ЛИ длительностью τ.

$H^c_{пду}(t)$ - предельно допустимое значение энергетической экспозиции серии импульсов общей длительностью t.

$H^c_{пду}(\tau)$ - предельно допустимое значение энергетической экспозиции одного импульса из серии импульсов.

$H^\Sigma_{пду}(3 \cdot 10^4)$ - предельная суточная доза.

k - кратность (увеличение) оптического средства наблюдения.

R - расстояние от источника излучения до точки наблюдения (м).

M - общее число импульсов излучения за рабочий день ($3 \cdot 10^4$ с).

N - число импульсов в серии, $N=F_и \cdot t+1$

P - мощность ЛИ (Вт).

$P^{оп}$ - мощность ЛИ, прошедшего через ограничивающую апертуру, расположенную в плоскости входного зрачка оптического прибора.

$\overline{P^c}$ (t) - средняя мощность излучения серии импульсов общей длительностью t.

P^d (t) - значение лазерного излучения для протяженного источника.

$P_{пду}$ - предельно допустимый уровень мощности.

$P^d_{пду}$ - значение $P_{пду}$ для протяженного источника.

$\overline{P_{пду}}$ (t) - предельно допустимое среднее значение средней мощности непрерывного ЛИ за время t.

$P^c_{пду}$ (t) - предельно допустимое значение мощности серии импульсов общей длительностью t.

$P^{cd}_{пду}$ (t) - значение $P^c_{пду}$ (t) для протяженного источника.

S_a - площадь ограничивающей апертуры ($м^2$).

$S_п$ - площадь поперечного сечения пучка ($м^2$).

S_o - площадь поверхности источника излучения ($м^2$).

t - длительность воздействия (облучения) непрерывным излучением или серией импульсов лазерного излучения (с).

W - энергия ЛИ (Дж).

W (τ) - энергия импульса ЛИ и длительностью τ.

W^c (t) - энергия серии импульсов ЛИ общей длительностью t.

W^c (τ) - энергия отдельного импульса из серии.

$W^c (\tau)_{max}$ - значение W^c (τ) для импульса из серии, имеющего максимальную амплитуду.

$\overline{W^c}$ (τ)-средняя энергия одного импульса из серии: $\overline{W^c}(\tau) = W^c(t)/N$.

$W^{оп}$ - энергия ЛИ, прошедшего через ограничительную апертуру, расположенную в плоскости входного зрачка оптического прибора.

W^{Σ} - суммарное значение энергии излучения нескольких источников.

$W_{пду}$ - предельно допустимый уровень энергии ЛИ.

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

$W^d_{пду}$ (τ) - значение $W_{пду}$ (τ) для протяженного источника.

$W^c_{пду}$(t) - предельно допустимое значение энергии серии импульсов длительностью t.

$W^{cd}_{пду}$ (t) - значение $W^c_{пду}$ (t) для протяженного источника.

$W^{\Sigma}_{пду}$ - предельно допустимый уровень (ПДУ)суммарной энергии излучения нескольких источников, действие которых аддитивно.

Приложение 1
к Санитарным правилам и нормам
2.2.4.13-2 -2006
«Лазерное излучение и гигиенические требования
при эксплуатации лазерных изделий»

Таблица 1

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу коллимированного или рассеянного лазерного излучения в диапазоне I ($180 < \lambda \leq 380$ нм). Ограничивающая апертура - $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ м.

Спектральный интервал λ, нм	Длительность воздействия t, с	$H_{пду}$, $Дж \cdot м^{-2}$, $E_{пду}$, $Вт \cdot м^{-2}$
$180 < \lambda \leq 380$ $180 < \lambda \leq 302{,}5$	$t \leq 10^{-9}$ $10^{-9} < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 2{,}5 \cdot 10^7 \cdot \sqrt[3]{t^2}$ $H_{пду} = 25$ $E_{пду} = 25 / t$
$302{,}5 < \lambda \leq 315$	$10^{-9} < t \leq T_i^*$ $T_i^* < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 4{,}4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[4]{t}$ $H_{пду} = 0{,}8 \cdot 10^{0{,}2(\lambda-295)}$ $E_{пду} = 0{,}8 \cdot 10^{0{,}2(\lambda-295)} / t$
$315 < \lambda \leq 380$	$10^{-9} < t \leq 10$ $10 < t \leq 3 \cdot 10^4$	$H_{пду} = 4{,}4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[4]{t}$ $H_{пду} = 8 \cdot 10^3$ $E_{пду} = 8 \cdot 10^3 / t$
Во всех случаях: $W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$; $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$		

* $T_i = 10^{-15}\, 10^{0.8(\lambda-295)}$, λ – нм.

Таблица 2

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

Спектральный интервал λ, нм	$H^{\Sigma}_{пду} \cdot (3 \cdot 10^4)$, Дж · м$^{-2}$
$180 < \lambda \le 302{,}5$	25
$302{,}5 < \lambda \le 315$	$0{,}8 \cdot 10^{0.2(\lambda - 295)}$
305	80
307,5	250
310	$8 \cdot 10^2$
312,5	$2{,}5 \cdot 10^3$
315	$8 \cdot 10^3$
$315 < \lambda \le 380$	$8 \cdot 10^3$

Таблица 3

Соотношение для определения $W_{пду}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \le 1400$ нм). Длительность воздействия меньше 1 с. Ограничивающая апертура - $7 \cdot 10^{-3}$ м.

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

	$5{,}0 \cdot 10^{-5} < t \le 1{,}0$	$7{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$

Таблица 4

Соотношения для определения $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \le 1400$ нм). Длительность облучения больше 1 с. Ограничивающая апертура – $7 \cdot 10^{-3}$ м

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

Таблица 5

Зависимость величины поправочного коэффициента B от видимого углового размера протяженного источника излучения α для различных интервалов длительностей облучения.

Длительность	Поправочный коэффициент B	Предельный угол

облучения t, с		$\alpha_{пред}$, рад
$t \le 10^{-9}$	$10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	10^{-2}
$10^{-9} < t \le 10^{-7}$	$2{,}8 \cdot 10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	$6{,}0 \cdot 10^{-3}$
$10^{-7} < t \le 10^{-5}$	$8{,}2 \cdot 10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	$3{,}5 \cdot 10^{-3}$
$10^{-5} < t \le 10^{-4}$	$2{,}5 \cdot 10^4 \cdot \alpha^2 + 1$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$
$10^{-4} < t \le 10^{-2}$	$8{,}2 \cdot 10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	$3{,}5 \cdot 10^{-3}$
$10^{-2} < t \le 1$	$2{,}8 \cdot 10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	$6{,}0 \cdot 10^{-3}$
$t > 1$	$10^3 \cdot \alpha^2 + 1$	10^{-2}

Если $\alpha \le \alpha_{пред}$, величина B принимается равной единице.

Таблица 6

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на кожу коллимированного или рассеянного лазерного излучения в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \le 1400$ нм). Ограничивающая апертура - $1{,}1 \cdot 10^{-3}$м.

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

	$1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$E_{пду} = 2{,}0 \cdot 10^4 / \sqrt[5]{t^4}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^2$
$W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$; $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$		

Таблица 7

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу коллимированного или рассеянного лазерного излучения в спектральном диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм). Ограничивающая апертура - 1,1 10^{-3}м, $S_a = 10^{-6}$ м^2

Спектральный интервал λ, нм	Длительность воздействия t, с	$H_{пду}$, Дж · м$^{-2}$, $E_{пду}$, Вт · м$^{-2}$
$1400 < \lambda \leq 1800$	$10^{-10} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 2{,}0 \cdot 10^4 \cdot \sqrt[5]{t}$ $E_{пду} = 2{,}0 \cdot 10^4 / \sqrt[5]{t^4}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^2$
$1800 < \lambda \leq 2500$	$10^{-10} < t \leq 3$ $3 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 7{,}0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[5]{t}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^2$
$2500 < \lambda \leq 10^5$	$10^{-10} < t \leq 10^{-1}$ $10^{-1} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{пду} = 2{,}5 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[5]{t}$ $H_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{пду} = 5{,}0 \cdot 10^2$
$W_{пду} = H_{пду} \cdot 10^{-6}$; $P_{пду} = E_{пду} \cdot 10^{-6}$		

Приложение 2
к Санитарным правилам и нормам
2.2.4. 13-2-2006
«Лазерное излучение и гигиенические требования при
эксплуатации лазерных изделий»

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ СПЕКТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОПТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НАБЛЮДЕНИЯ

1. Коллимированное лазерное излучение

Если для наблюдения источника ЛИ используются оптические приборы (бинокли, телескопы и т.д.), энергетическая экспозиция или облученность сетчатки глаза может существенно возрастать. Наиболее надежным методом оценки изменения степени опасности излучения является сопоставление результатов измерения энергии или мощности, проходящей через ограничивающую апертуру диаметром 7 мм, при непосредственном наблюдении и при наблюдении с использованием оптического прибора. В последнем случае ограничивающая апертура располагается вблизи окуляра в плоскости, соответствующей положению роговицы глаза. Отношение результатов измерений дает поправочный коэффициент для коррекции предельно допустимых уровней излучения, устанавливаемых настоящим документом.

Теоретические оценки, как правило, являются приближенными. В рекомендациях по применению таких оценок здесь и далее рассматривается наиболее распространенный тип оптических средств наблюдения, у которых диаметр выходного зрачка меньше или равен $7 \cdot 10^{-3}$м (теоретический диаметр зрачка глаза), а потери излучения, связанные с поглощением и отражением на поверхностях оптических элементов и т.д., пренебрежимо малы.

Применение оптического средства наблюдения с увеличением (кратностью) k с позиций безопасности эквивалентно увеличению диаметра ограничивающей апертуры в k раз.

Таким образом, для определения предельно допустимых уровней энергии излучения при прямом наблюдении коллимированных пучков с помощью оптических приборов следует нормировать энергию или мощность излучения, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром $k \cdot 7 \cdot 10^{-3}$м, расположенную в плоскости

входного зрачка прибора. Значения $W^{оп}_{пду}$ и $P^{оп}_{пду}$ не должны превышать $W_{пду}$ и $P_{пду}$, определяемых пунктами 17-28 настоящих Правил.

Пример 1.

Для создания оптических эффектов при проведении музыкального шоу используется непрерывный гелий-неоновый лазер, излучение которого при сканировании может оказаться направленным в зрительный зал. Определить предельно допустимую мощность лазера с учетом того, что отдельные зрители, занимающие ряды дальше седьмого, могут пользоваться театральными биноклями с кратностью k = 2,5. Диаметр пучка в плоскости 1-го ряда $d_п^{(1)} = 5 \cdot 10^{-2}$м м, на уровне 7-го ряда $d_п^{(2)} = 6 \cdot 10^{-2}$ м. Скорость сканирования в плоскости 1-го ряда $V_1 = 2$ м·с$^{-1}$, в плоскости 7-го ряда $V_2 = 3$ м ·с$^{-1}$. Распределение интенсивности излучения в поперечном сечении лазерного пучка близко к однородному.

Время облучения глаз соответствует времени прохождения лазерного пучка через ограничивающую апертуру.

Для зрителей 1-го ряда:

$$t^{(1)} = \frac{d_п^{(1)} + 7 \cdot 10^{-3}}{V_1} = 2{,}85 \cdot 10^{-2} \text{ с.}$$

Для зрителей 7-го ряда:

$$t^{(2)} = \frac{d_п^{(2)} + k \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{V_2} = 2{,}23 \cdot 10^{-2} \text{ с.}$$

Соответствующие значения предельно допустимых параметров излучения с длиной волны 633 нм определяются по таблице 3 приложения 1 с учетом коэффициента гигиенического запаса, заданного пунктами 40 и 41 настоящих Правил:

$$P^{(1)}_{пду} = W^{(1)}_{пду} / t^{(1)} = 3{,}9 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}$$

$$P^{(2)}_{пду} = W^{(2)}_{пду} / t^{(2)} = 4{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт.}$$

Значение $P^{(1)}_{пду}$ определяет предельную мощность излучения, прошедшего через апертуру диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м. Полная мощность лазера при этом составляет:

$$P^{(1)} = P^{(1)}_{пду} (d_п^{(1)} / 7 \cdot 10^{-3})^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт.}$$

Аналогично, для зрителей 7-го ряда, пользующимися театральными биноклями (ограничивающая апертура увеличена в 2,5 раза):

$$t^{(2)} = \frac{d_п^{(2)} + d_{вх.б}}{V_2} = \frac{6 \cdot 10^{-2} + 2.5 \cdot 10^{-2}}{3} = 2{,}83 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

$$P^{(2)}_{пду} = 3{,}9 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}$$

$$P^{(2)} = P^{(2)}_{пду} \cdot \left(\frac{d_п^{(2)}}{k \cdot 7 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 4{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ Вт.}$$

Таким образом, использование театрального бинокля существенно повышает опасность повреждения глаз. Мощность лазера при рассмотренных условиях не должна превышать $4{,}7 \cdot 10^{-4}$ Вт.

Пример 2.

Оптик проводит юстировку выходного зеркала гелий-кадмиевого лазера, работающего в непрерывном режиме, используя диоптрийную трубку с кратностью $k > 1$. Длина волны излучения $\lambda = 441$ нм. Мощность генерируемого излучения, возникающего в первой стадии юстировки, - до $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ Вт. Диаметр пучка излучения не превышает 3 мм.

Определить пропускание защитного светофильтра Т, устанавливаемого перед диоптрийной трубкой для обеспечения безопасной работы.

Длительность воздействия на глаза примем равной времени реакция мигания: $t = 0{,}25$ с.

Значение предельно допустимой мощности излучения с длиной волны 441 нм при прямом облучении глаз и ограничивающей апертуре диаметром $7 \cdot 10^{-3}$ м определяется по таблице 3 приложения 1 с дополнительным коэффициентом запаса для хронического воздействия, в соответствии с пунктом 28 настоящих Правил

$$P_{пду} = W_{пду} / t = 9{,}4 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

В рассматриваемом случае диаметр пучка излучения существенно меньше диаметра ограничивающей апертуры на входе диоптрийной трубки, равного $k \cdot 7 \cdot 10^{-3}$ м. На выходе оптической системы трубки диаметр пучка уменьшается до величины, равной приблизительно $d_п / k$, что также существенно меньше теоретического диаметра зрачка ($7 \cdot 10^{-3}$ м). Таким образом, практически все излучение лазера проходит через зрачок глаза, а приведенное выше значение $P_{пду}$ определяет предельно допустимое значение общей мощности излучения P, прошедшего защитный светофильтр: $P = P_{пду}$.

Аналогичный результат был бы получен и для случая прямого облучения глаз без использования оптического средства наблюдения, так как и здесь диаметр пучка $d_п$ меньше теоретического размера зрачка.

Иными словами, использование диоптрийной трубки не привело к увеличению опасности для глаз.

Последний вывод иллюстрирует общее правило, согласно которому применение оптических инструментов для наблюдения коллимированных лазерных пучков диаметром меньшим диаметра зрачка глаза не повышает степени опасности повреждения сетчатки.

Возвращаясь к решению поставленной задачи, определим минимально допустимую величину пропускания защитного фильтра T для излучения с длиной волны 441 нм

$$T \leq P^1 / P = P_{пду} / P = 6{,}3 \cdot 10^{-3}.$$

2.Рассеянное или диффузно отраженное излучение

Если источником излучения является протяженный объект, использование для наблюдения оптических приборов не приводит к заметным изменениям энергетической экспозиции или облученности сетчатки глаза (здесь, как и ранее, рассматриваются оптические приборы, у которых диаметр выходного зрачка меньше теоретического диаметра зрачка глаза, а потери излучения пренебрежимо малы). Это обусловлено тем, что увеличение энергии излучения, прошедшего через зрачок глаза, в k^2 раз
($k >> 1$ - увеличение или кратность прибора) сопровождается увеличением площади изображения на сетчатке в такое же число раз. Указанное правило применимо, если видимый угловой размер излучающего объекта альфа без оптических средств наблюдения превышает $\alpha_{пред.} = 2 \cdot 10^{-3}$ рад, а

$k \cdot \alpha >> 2 \cdot 10^{-3}$ рад.

При оценке изменений ПДУ для глаз, связанных с использованием оптических приборов, необходимо принимать во внимание наблюдаемое увеличение видимого углового размера источника излучения, которое составляет $\alpha^{оп} = k \cdot \alpha$.

Формула, определяющая поправочный коэффициент В согласно пункту 22 настоящих Правил, с учетом возможности использования оптического средства наблюдения, перепишется в виде:

$$B = B_t (k \cdot \alpha)^2 + 1 \qquad (k \cdot \alpha > \alpha_{пред})$$
$$B = 1 \qquad (k \cdot \alpha \leq \alpha_{пред}) .$$

Пример 1.

При проведении хирургической операции используется лазерный скальпель на основе аргонового лазера и операционный микроскоп с увеличением k = 100. Мощность отраженного от тканей и попадающего на входной зрачок микроскопа излучения P = 0,1 Вт. Длина волны излучения 514 нм. Диаметр сфокусированного пучка на операционном поле:
$d_п = 10^{-4}$м. Длительность непрерывной работы с лазерным излучением
t = 120 с.

Определить пропускание Т защитного светофильтра, обеспечивающего безопасную работу хирурга.

По таблице 4 приложения 1 с учетом поправочного коэффициента для хронического воздействия согласно пункту 28 настоящих Правил найдем предельно допустимую мощность прямого облучения глаз коллимированным потоком излучения с длиной волны 514 нм: $P_{пду} = 1{,}2 \cdot 10^{-6}$ Вт.

Изображение операционного поля наблюдается в микроскопе на расстоянии наилучшего видения - $25 \cdot 10^{-2}$м. Таким образом, видимый угловой размер источника излучения составляет:

$$\alpha^{оп} = \frac{k \cdot d_п}{25 \cdot 10^{-2}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ рад.}$$

Поправочный коэффициент В и значение $P_{пду}$ согласно пункту 28 настоящих Правил определяется по таблице 5 приложения 1:

$$B = 10^3 \cdot (\alpha_{оп})^2 + 1 = 2{,}6$$

$$P^d_{пду} = B \cdot P_{пду} = 3{,}1 \cdot 10^{-6}\ Вт.$$

Таким образом, пропускание защитного фильтра на длине волны 514 нм не должно превышать:

$$T \le P^d_{пду} / P = 3{,}1 \cdot 10^{-5}\ .$$

Приложение 3
к Санитарным правилам и нормам 2.2.4.13-2-2005
«Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий»

СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССОВ ЛАЗЕРОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ГЕНЕРИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Спектральный интервал, нм	Класс опасности	Режим генерации излучения		
		Одиночные импульсы	Серии импульсов	Непрерывное излучение
1	2	3	4	5
$180<\lambda\le380$	I	$W_i(\tau)\le H_{пду}(\tau)\cdot S_п$ $\sum_{i=1}^{M} W_i(\tau) \le H^{\Sigma}_{пду}(3\cdot10^4)\cdot S_п$	$W^c_i(\tau) \le H_{пду}(\tau)\cdot S_п$ $\sum_{i=1}^{M} W^c_i(\tau) \le H^{\Sigma}_{пду}(3\cdot10^4)\cdot S_п$	$^{*}P(t) \le S_п \cdot E_{пду}(t)$ $\sum_{i=1}^{M} P_i(t_i)\cdot t_i \le H^{\Sigma}_{пду}(3\cdot10^4)\cdot S_п$

	II	$W_i(\tau) \le \pi \cdot 10^{-2} H_{пду}(\tau)$ $\sum_{i=1}^{M} W_i(\tau) \le \pi \cdot 10^{-2} H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$	$W_i^c(\tau) \le \pi \cdot 10^{-2} \cdot H_{пду}(\tau)$ $\sum_{i=1}^{M} W_i^c(\tau) \le \pi \cdot 10^{-2} \cdot H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$	${}^{*}P(t) \le \pi \cdot 10^{-2} \cdot E_{пду}(t)$ $\sum_{i=1}^{M} P_i(t_i) \cdot t_i \le \pi \cdot 10^{-2} \cdot H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$
	IV	$W_i(\tau) > \pi \cdot 10^{-2} H_{пду}(\tau)$ $\sum_{i=1}^{M} W_i(\tau) > \pi \cdot 10^{-2} H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$	$W_i^c(\tau) > \pi \cdot 10^{-2} \cdot H_{пду}(\tau)$ $\sum_{i=1}^{M} W_i^c(\tau) > \pi \cdot 10^{-2} \cdot H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$	${}^{*}P(t) > \pi \cdot 10^{-2} \cdot E_{пду}(t)$ $\sum_{i=1}^{M} P_i(t_i) \cdot t_i > \pi \cdot 10^{-2} \cdot H^{\Sigma}_{пду}(3 \cdot 10^4)$
$1400<\lambda\le 10^5$	I	$W(\tau) \le S_п \cdot H_{пду}(\tau)$	$W^c(t) \le S_п \cdot H^c_{пду}(t)$	${}^{*}P(t) \le S_п \cdot E_{пду}(t)$
	II	$W(\tau) \le \pi \cdot 10^{-2} \cdot H_{пду}(\tau)$	$W^c(t) \le \pi \cdot 10^{-2} H^c_{пду}(t)$	${}^{*}P(t) \le \pi \cdot 10^{-2} E_{пду}(t)$
	IV	$W(\tau) > \pi \cdot 10^{-2} \cdot H_{пду}(\tau)$	$W^c(t) > \pi \cdot 10^{-2} H^c_{пду}(t)$	${}^{*}P(t) > \pi \cdot 10^{-2} E_{пду}(t)$

1	2	2	3	
380<λ≤750	I	$W(\tau)\le\begin{cases} W_{пду}(\tau), \text{если } d_п \le 7мм \\ \frac{d_п^2}{49} W_{пду}(\tau), \text{если } d_п > 7мм \end{cases}$	$W^c(t)\le\begin{cases} W^c{}_{пду}(t), \text{если } d_п \le 7мм \\ \frac{d_п^2}{49} W^c{}_{пду}(t), \text{если } d_п > 7мм \end{cases}$	
	II	$W(\tau)\le 8\cdot 10^2\cdot W_{пду}(\tau)$	$W^c(t)\le 8\cdot 10^2\cdot W^c{}_{пду}(t)$	
	III	▼$W(\tau)\le\pi\cdot 10^4\cdot W_{пду}(\tau)$	▼$W^c(t)\le\pi\cdot 10^4\cdot W_{пду}(t)$	*
	IV	▼$W(\tau)>\pi\cdot 10^4\cdot W_{пду}(\tau)$	▼$W^c(t)>\pi\cdot 10^4\cdot W_{пду}(t)$	*
750<λ≤1400	I	$W(\tau)\le\begin{cases} W_{пду}(\tau), \text{если } d_п \le 7мм \\ \frac{d_п^2}{49} W_{пду}(\tau), \text{если } d_п > 7мм \end{cases}$	$W^c(t)\le\begin{cases} W^c{}_{пду}(t), \text{если } d_п \le 7мм \\ \frac{d_п^2}{49} W^c{}_{пду}(t), \text{если } d_п > 7мм \end{cases}$	*
	II	$W(\tau)\le 8\cdot 10^2\cdot W_{пду}(\tau)$	$W^c(t)\le 8\cdot 10^{-2}\cdot W^c{}_{пду}(t)$	*
	III	▼$W(\tau)\le\pi\cdot 10^{-2}\cdot H_{пду}(\tau)$	▼$W^c(t)\le\pi\cdot 10^{-2}\cdot H^c{}_{пду}(t)$	*
	IV	▼$W(\tau)>\pi\cdot 10^{-2}\cdot H_{пду}(\tau)$	▼$W^c(t)>\pi\cdot 10^{-2}\cdot H^c{}_{пду}(t)$	*

Примечание: * - длительность воздействия непрерывного излучения в диапазонах от 180 до 380 нм и свыше 750 нм принимается равным 10 с (наиболее вероятное время пребывания человека в состоянии полной неподвижности);

▲- длительность воздействия непрерывного излучения в диапазонах от 380 до 750 нм принимается равной 0,25с (время мигательного рефлекса);

▼- предельно допустимые уровни $H_{пду}$ и $E_{пду}$ для кожи.

Приложение 4
к Санитарным правилам и нормам 2.2.4. 13-2-2006
«Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий»

ЗНАКИ И НАДПИСИ

Лазерные изделия должны маркироваться в соответствии с приведенными ниже требованиями. Знаки должны быть четкими, хорошо видимыми и надежно укреплены на изделии. Рамки текста и обозначения должны быть черными на желтом фоне. Если размеры или конструкция изделия не позволяют прикрепить к нему знак или надпись, то они должны быть внесены в паспорт лазерного изделия.

Любое лазерное изделие I класса должно иметь пояснительный знак согласно рисунку 1 настоящего приложения с надписью:

«ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА I».

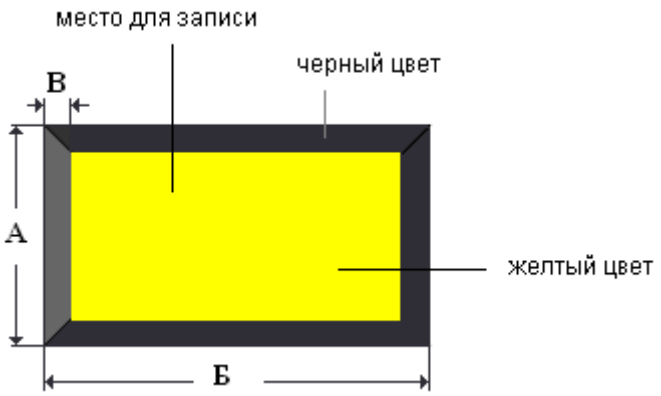

Рисунок1. Пояснительный знак.

Примерные размеры (в мм):

А	Б	В
26	53	4
52	105	5
74	146	6
100	250	6
140	100	10
140	250	10
200	250	12
200	400	12
250	400	15

Примечание. Буквы должны иметь достаточный размер, чтобы быть читаемыми.

Любое лазерное изделие II класса должно иметь предупреждающий знак в соответствии с ГОСТ 12.4.026-76 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные и знаки безопасности» согласно рисунку 2 настоящего приложения с надписью:

«ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК
ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА II».

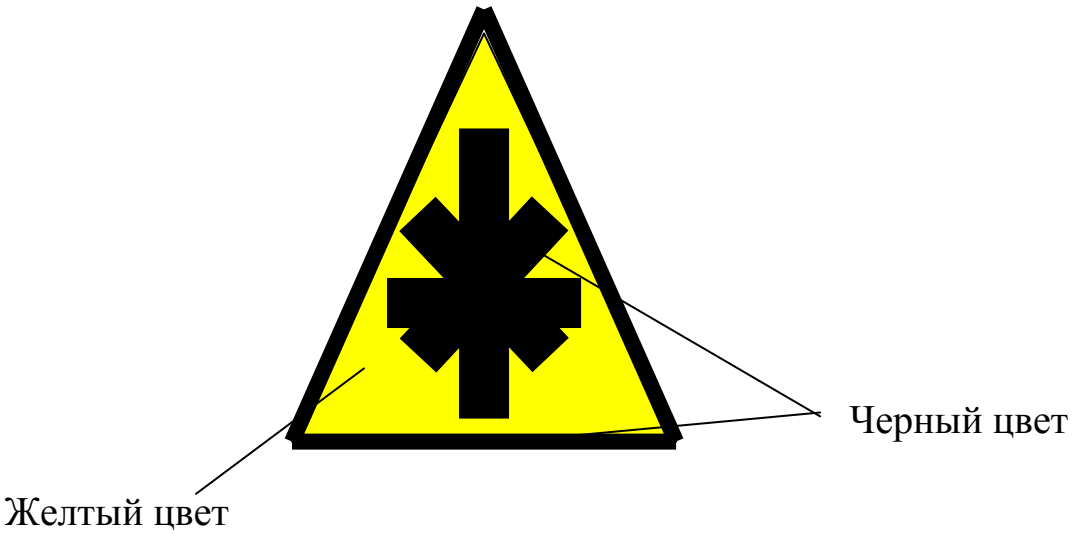

Рисунок 2. Предупреждающий знак - знак лазерной опасности.

Лазерное изделие III класса должно иметь предупреждающий знак и пояснительный знак с надписью:

«ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГЛАЗ
ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА III».

Лазерное изделие IV класса должно иметь предупреждающий знак и пояснительный знак с надписью:

«ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГЛАЗ И КОЖИ
ПРЯМЫМ И РАССЕЯННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА IV».

Лазерные изделия II - IV класса должны иметь у апертуры, через которую испускается излучение, пояснительный знак с надписью:

«ЛАЗЕРНАЯ АПЕРТУРА».

Лазерные изделия, за исключением изделий I класса, должны иметь на пояснительном знаке информацию об изготовителе, максимальной выходной энергии (мощности) лазерного излучения и длине волны излучения.

Панель защитного корпуса (кожуха), при снятии или смещении которой возможен доступ человека к лазерному излучению, должна иметь пояснительный знак с надписью:

«ВНИМАНИЕ! ПРИ ОТКРЫВАНИИ - ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ».

Лазерные изделия, генерирующие излучение вне диапазона 380 - 750 нм, должны иметь следующую надпись в пояснительном знаке:

«НЕВИДИМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ».

Приложение 5
к Санитарным правилам и нормам 2.2.4.13-2-2006
«Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий»

ФОРМА САНИТАРНОГО ПАСПОРТА ЛАЗЕРНОГО ИЗДЕЛИЯ

УТВЕРЖДАЮ
Главный врач
территориального центра
гигиены и эпидемиологии
(центра гигиены и эпидемиологии
и общественного здоровья)
«__»_____2____г.

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
(руководитель организации)

«__»_____2____г.

САНИТАРНЫЙ ПАСПОРТ

на_____
модель _____
1. Тип лазерного изделия _____
_____
2. Область применения _____
_____
3. Основные технические характеристики изделия _____
_____

3.1. Параметры лазера:
Режим работы _____
(импульсный, импульсно-периодический, непрерывный)

Длина волны (длины волн), нм _____
Выходная мощность, Вт _____
энергия, Дж _____
Длительность импульса, с_____
Частота следования, Гц_____
Длительность серии импульсов, с _____
Расходимость пучка, рад _____
Диаметр пучка на выходе, м _____
Класс опасности лазера _____

3.2. Характеристики источника питания:
Высокое напряжение в цепях
управления, кВ _____ на _____
(указать основные элементы)

питания, кВ _____ на _____
(указать основные элементы)

Рабочий ток в цепях питания, А_____

Конструкция лазерного изделия отвечает (не отвечает) по электробезопасности – требованиям ГОСТ 12.2.007.3-75 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электротехнические устройства на напряжение свыше 100 В. Требования безопасности» и «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), утвержденным Министерством энергетики СССР в 1986 году и Министерством по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Республики Беларусь, Министерством топлива и энергетики Республики Беларусь, Министерством здравоохранения Республики Беларусь и Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь 5 декабря 1995 года № 52/23/30/7/8, по взрывоопасности – требованиям ГОСТ 12.1.010-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования»

3.3 Характеристика исполнения лазерного изделия:

_____

_____

_____

4. Опасные и вредные факторы, сопутствующие работе изделия и меры защиты

Существует (не существует) опасность, требуются (не требуются) меры защиты (нужный квадрат выделить)

4.1. Лазерное излучение

Прямое и зеркально отраженное:
максимальный уровень в рабочей зоне ___Дж, Дж $\cdot$м$^{-2}$ (Вт , Вт $\cdot$ м$^{-2}$)
ПДУ для глаз _____, ПДУ для кожи _____
Безопасное расстояние_____
диффузно отраженное:
на расстоянии 10 см от экрана Дж, Дж $\cdot$м$^{-2}$ (Вт, Вт $\cdot$ м$^{-2}$)
максимальный уровень в рабочей зоне_____
угловой размер протяженного источника_____
ПДУ для глаз_____
безопасное расстояние_____
Требуется (не требуется) применение средств индивидуальной защиты

Оптическая плотность средств индивидуальной защиты:

не менее ____ на длине волны_____

Требуется (не требуется) применение средств автоматического контроля и дистанционного управления

4.2. Уровни шума превышают (не превышают) допустимых значений, установленных Санитарными правилами и нормами 2.2.4/2.1.8.10-32-

2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 31 декабря 2002 г. № 158

Требуются (не требуются) средства защиты

Уровни напряженности электромагнитного поля превышают (не превышают) норм, установленных Санитарными правилами и нормами 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 31 декабря 2002 г. № 162

Требуется (не требуется) защита

4.4. Уровни ионизирующего излучения превышают (не превышают) норм, установленных Гигиеническими нормативами 2.6.1.8 – 127 – 2000 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 25 января 2000 г. № 5

Требуется (не требуется) защита

4.5. Концентрация токсических веществ в воздухе рабочей зоны

превышает (не превышает) ПДК, установленных Санитарными правилами и нормами № 11-19-94 «Перечень регламентируемых в воздухе рабочей зоны вредных веществ», утвержденными Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 09 марта 1994 г.

Требуется (не требуется) применение мер специальной защиты: естественная вентиляция, общая приточно-вытяжная местная, средства индивидуальной защиты.

4.6. Опасность возгорания горючих материалов имеется (не имеется) достаточно применения ограждения и ограничения хода пучка

Требуется применение мер защиты

4.7. Другие опасные и вредные производственные факторы:_____

5. Требования к размещению изделия:

установка размещается в отдельном помещении

допускается (не допускается) размещение в помещении других установок с одновременным выполнением нескольких операций

Внутренняя отделка стен и потолка:

должна иметь матовую поверхность

произвольно окрашена

Двери помещений должны быть оборудованы:

внутренним замком световой сигнализацией знаком лазерной опасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026-76 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Приложение 6

к Санитарным правилам и нормам 2.2.4.13-2-2006
«Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий»

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ

Марка очков	Марка светофильтров	Диапазон защиты	Оптическая плотность
ЗН22-72-СЗС22	СЗС22	630-680 680-1200 1200-1400	3 6 3
ЗНД4-72-СЗС22-СС23-1	СЗС22 ОС23-1	630-680 680-1200 1200-1400 400-500	3 6 3 6
ЗН62-Л17	Л17	600-1100 530	2 1
ЗН62-ОЖ	ОЖ	200-510	3

ЗАЩИТНЫЙ ЛИЦЕВОЙ ЩИТОК

Марка щитка	Марка светофильтров	Диапазон защиты (нм)	Оптическая плотность
НФП2	- Л17	10600 10600	2 4

ЗАЩИТНЫЕ НАСАДКИ ДЛЯ НАСТРОЙЩИКОВ РЕЗОНАТОРОВ ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Марка насадки	Длина волны, нм (тип лазера)	Максимальная мощность, Вт
ЗН-0,441	441 (гелий-кадмиевый)	3-4
ЗН-0,488	488 (аргоновый)	3-4
ЗН-0,51(0,58)	510 и 580 (на парах меди)	3-4
ЗН-0,633	633 (гелий-неоновый)	$5 \cdot 10^{-2}$