
■ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

■ ООО «НИИОТ В Г. ИВАНОВО»

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ — это электромагнитное излучение, испускаемое лазером в оптическом диапазоне длин волн.

Под оптическим диапазоном понимается диапазон длин волн от 10^{-9} до 10^{-3} м (1 до 10^6 нм)

Лазер— это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (индуцированного) излучения.

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

Свойства лазерного излучения

- **Высокая когерентность в пространстве и времени (синхронно и синфазно)**
- **Исключительно узкая направленность**
- **Огромная концентрация мощности (до 10^{11} Вт/см² в непрерывном режиме и до 10^{18} Вт/см² в импульсе)**
- **Высокая степень монохроматичности (спектральная ширина линии генерации $\Delta\lambda = 10^{-9}$ нм при $\lambda = 500$ нм)**
- **Способность фокусироваться в исключительно малые объемы порядка λ^3 (высокая степень коллимированности)**

Физическая сущность лазерного излучения

- – невозбужденный атом с энергией E_i
- – возбужденный атом с энергией E_j

Поглощение

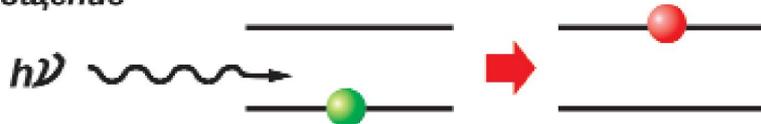


Рис 1. Поглощение фотона

Спонтанное излучение



Рис 2. Спонтанное излучение

Вынужденное излучение

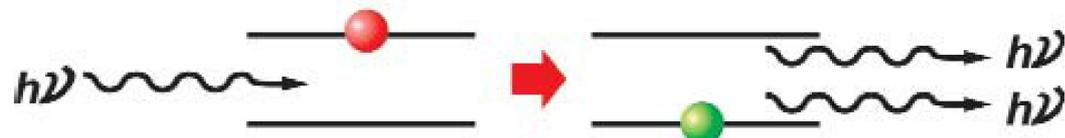
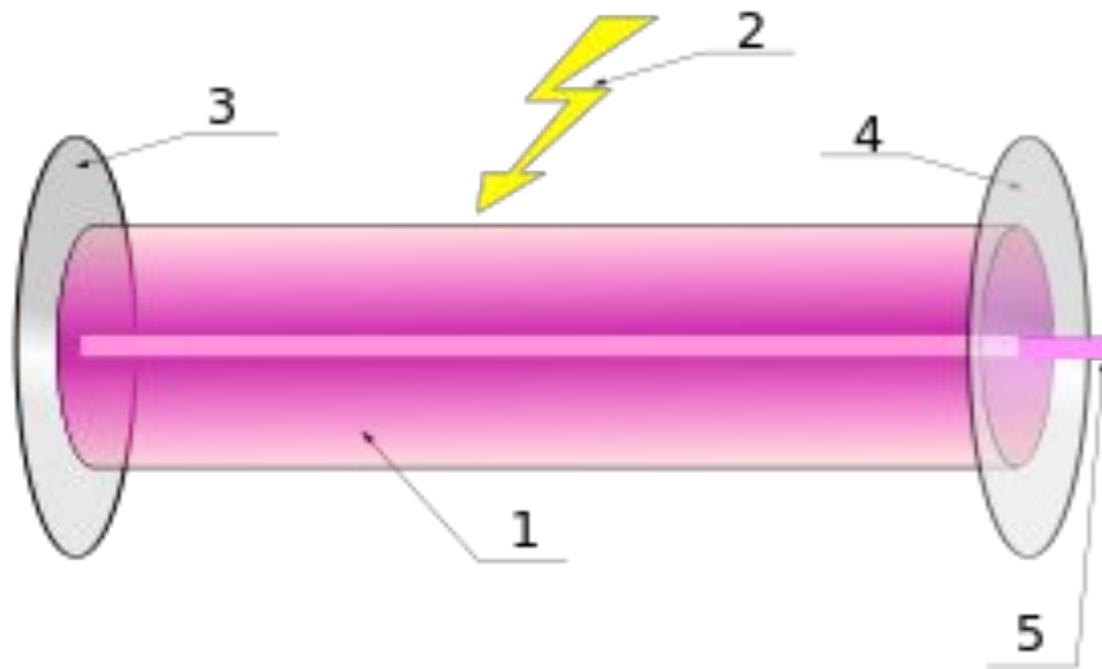


Рис 3. Вынужденное излучение

Устройство лазера



На схеме обозначены: 1 — активная среда; 2 — энергия накачки лазера; 3 — непрозрачное зеркало; 4 — полупрозрачное зеркало; 5 — лазерный луч.

Временные режимы работы лазера

- Режим **непрерывной** генерации лазерного излучения – режим работы лазера, при котором спектральная плотность мощности лазерного излучения на частоте генерации не обращается в нуль при заданном интервале времени.
- Режим **импульсной** генерации – режим работы лазера, при котором его энергия излучается в виде импульсов.

Виды лазеров

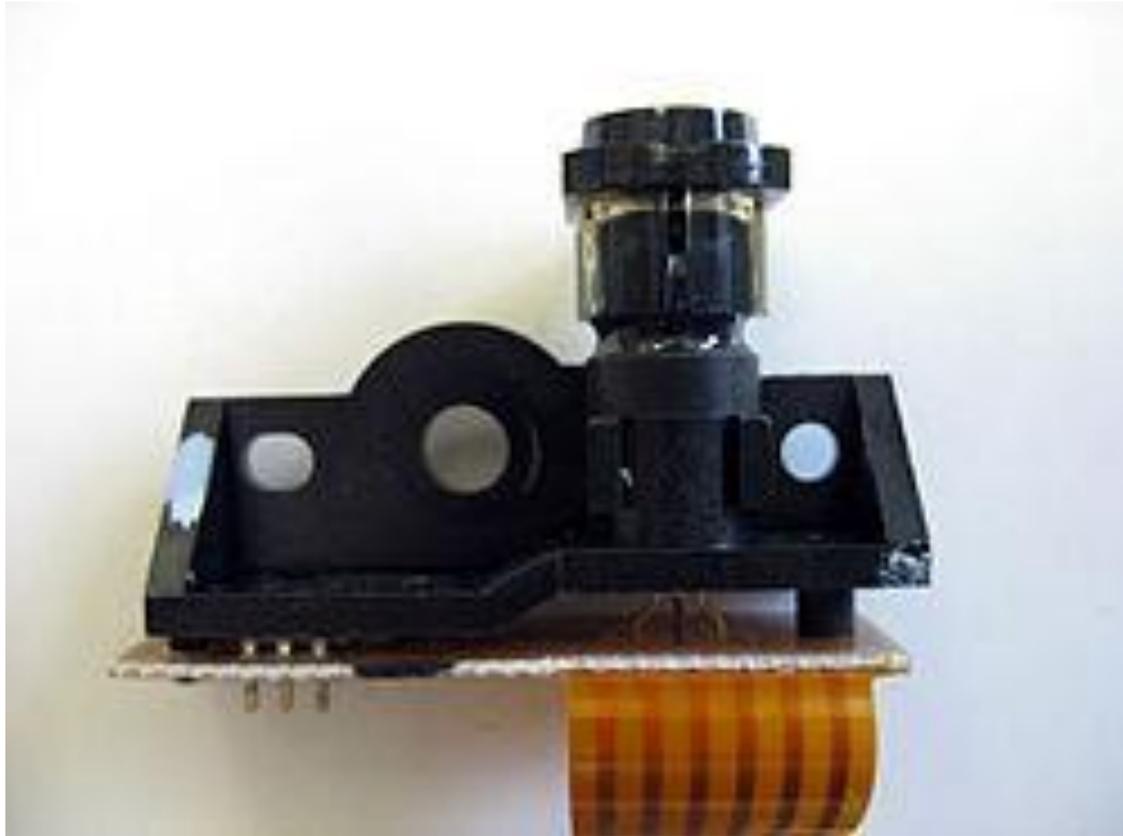
- Твердотельные лазеры
- Полупроводниковые лазеры.
- Лазеры на красителях.
- Газовые лазеры
- Газодинамические лазеры
- Экимерные лазеры
- Химические лазеры
- Лазеры на свободных электронах
- Квантовые каскадные лазеры
- Волоконный лазер
- Вертикально-излучающие лазеры
- Другие виды лазеров, развитие принципов которых на данный момент является приоритетной задачей исследований (рентгеновские лазеры(рентгеновские лазеры,гамма-лазеры и др.).

Применение лазеров



**Лазерное сопровождение музыкальных представлений
(лазерное шоу)**

Применение лазеров



Полупроводниковый лазер Полупроводниковый лазер, применяемый в узле генерации изображения принтера Hewlett-Packard

Применение лазеров



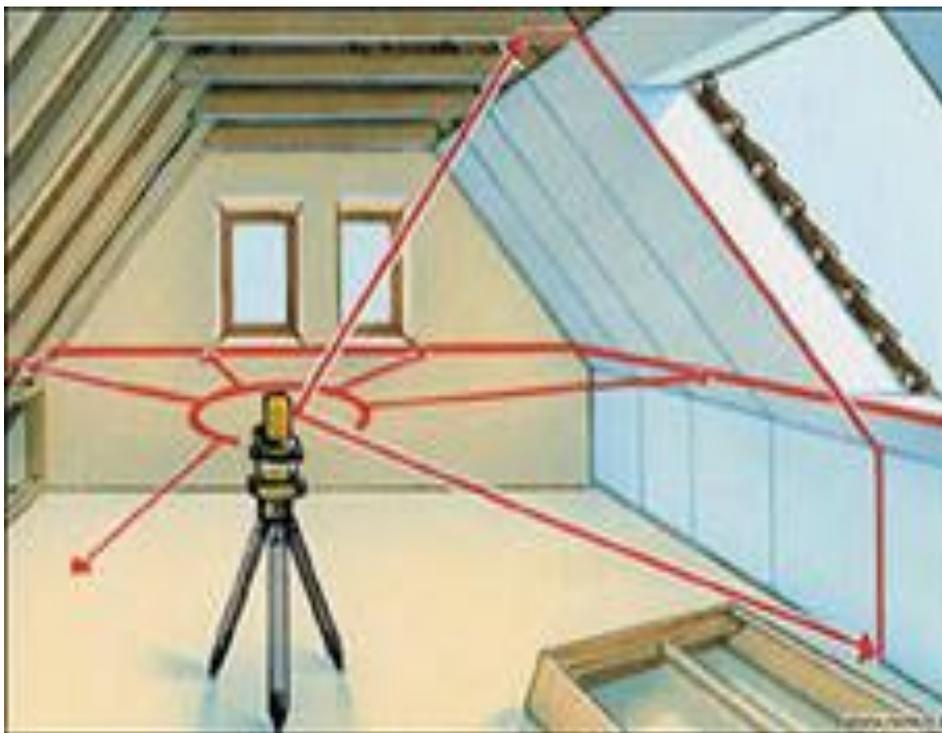
**Револювер Револювер, оснащённый лазерным
целеуказателем
и военная лазерная установка**

Применение лазеров



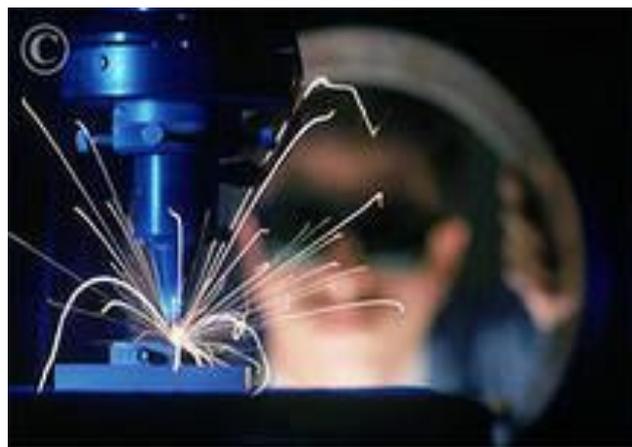
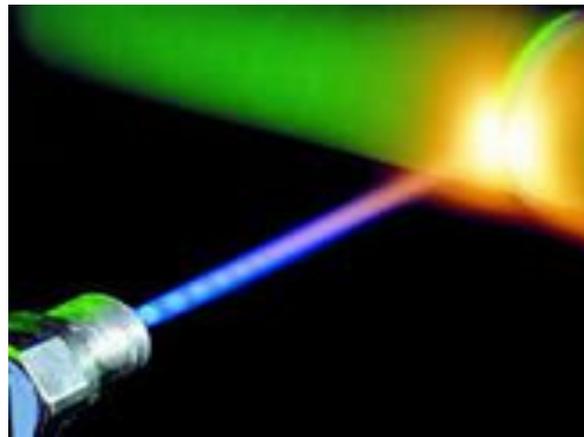
Лазер в косметологии

Применение лазеров



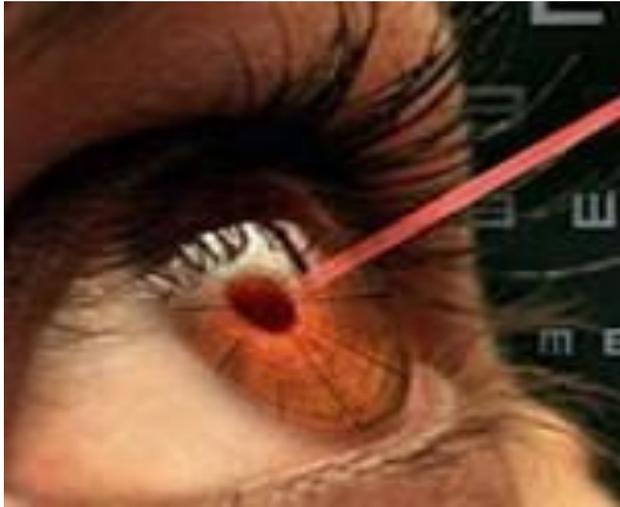
Лазер в строительстве (лазерный нивелир)

Применение лазеров



Лазер в производстве – резка листа и трубы из металла (вверху) и лазерная сварка (внизу)

Применение лазеров



**Лазер в офтальмологии, стоматологии(вверху) и
пластической хирургии (внизу)**

Последствия необдуманного применения лазерной указки



Воздействие лазерного излучения на организм человека

▣ Воздействие лазерного излучения на глаза.

Воздействие лазерного излучения на кожу.

▣ Действие лазерного излучения на внутренние органы
и организм в целом.

Нормативная документация по лазерному излучению

- **1. СН № 5804-91** - «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» (дата введения 31.07.1991г.)
 - **2. ГОСТ Р 50723-94** Государственный стандарт РФ. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий (дата введения 01.01.1996г.)
 - **3. ГОСТ 15093-90** Государственный стандарт Союза ССР. Лазеры и устройства управления лазерным излучением. Термины и определения (дата введения 01.01.1992г.).
-

Нормативная документация по лазерному излучению

- **4. ГОСТ Р 12.1.031-2010** Национальный стандарт РФ. Система стандартов безопасности труда. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения (дата введения 01.07.2012г.)
- **5. МУ 5309-90** Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологических служб по проведению дозиметрического контроля и гигиенической оценке лазерного излучения (дата введения 28.12.1990г.)
- **6. МР 4287-87** Методические рекомендации. Оптимизация условий труда хирургов при работе с CO₂ лазерами (дата введения 18.05.1987 г.).

Определения, обозначения, величины и единицы измерений

- **Апертура** - отверстие в защитном корпусе лазера, через которое испускается лазерное излучение.
- **Открытые лазерные установки** - установки, конструкция которых допускает выход излучения в рабочую зону.
-
- **Закрытые лазерные установки** - установки с экранированным пучком лазерного излучения, при работе которых исключено воздействие на человека лазерного излучения любых уровней.
-
- **Коллимированное лазерное излучение** - лазерное излучение, заключенное в ограниченном телесном угле.
- **Зеркально отраженное лазерное излучение** - излучение, отраженное под углом, равным углу падения

Определения, обозначения, величины и единицы измерений

- **Рассеянное лазерное излучение** - излучение, рассеянное от вещества, находящегося в составе среды, сквозь которую проходит излучение.
- **Диффузно отраженное лазерное излучение** - излучение, отраженное от поверхности, соизмеримой с длиной волны, по всевозможным направлениям в пределах полусферы.
-
- **Непрерывное лазерное излучение** - излучение, существующее в любой момент времени наблюдения, т. е. лазерное излучение с периодом длительности 0,25с и более
- (0,25с – время мигательного рефлекса – реакция мигания).

Определения, обозначения, величины и единицы измерений

- **Импульсное излучение** - излучение, существующее в ограниченном интервале времени, меньшем времени наблюдения
- .
- **а)** импульсное излучение – лазерное излучение в виде одного (моноимпульс) или последовательности импульсов длительностью не более 0,1с с интервалами между импульсами *более 1с*.
- **б)** импульсно периодическое - излучение в виде импульсов длительностью не более 0,1с с интервалами между импульсами не более 1с.
- **Длительность воздействия (облучения)** - длительность импульса, серии импульсов или непрерывного излучения, попадающего на тело человека.

Определения, обозначения, величины и единицы измерений

- **Частота следования импульсов лазерного излучения** - отношение числа импульсов лазерного излучения к единичному интервалу времени наблюдения.
-
- **Однократное воздействие лазерного излучения** - случайное воздействие излучения с длительностью, не превышающей $t=3 \times 10^4$ с. (суточная доза).
- **Хроническое воздействие лазерного излучения** - систематически повторяющееся воздействие, которому подвергаются люди, профессионально связанные с лазерным излучением.

Определения, обозначения, величины и единицы измерений

- **Предельно допустимые уровни лазерного излучения при однократном воздействии (ПДУ₂)** - 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 (1).
- **Предельно допустимые уровни лазерного излучения при хроническом воздействии (ПДУ₁)** - 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 1.

- **Предельно допустимые уровни лазерного излучения при воздействии на глаза и кожу для двух условий облучения – однократного и хронического для трех диапазонов длин волн:**

$$180 < \lambda \leq 380 \text{ нм}$$

$$380 < \lambda \leq 1400 \text{ нм}$$

$$1400 < \lambda \leq 10^5 \text{ нм,}$$

где λ – длина волны лазерного излучения (нм)

$$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$$

Нормирование лазерного излучения

- Гигиеническое нормирование основывается на критериях биологического действия, обусловленного в первую очередь областью электромагнитного спектра.
- **от 180 до 380нм – ультрафиолетовая область**
- **от 380 до 750нм - видимая область**
- **от 750 до 1400нм - ближняя инфракрасная область**
- **свыше 1400нм - дальняя инфракрасная область**

Нормируемые величины

Нормируемыми величинами лазерного излучения являются

- облученность $E, \text{Вт/м}^2$
- энергетическая экспозиция $H, \text{Дж/м}^2$
- усредненные по ограничивающей апертуре (S_a)

Нормируемые величины

- **Облученность (Е, Вт/м²)** - отношение потока излучения, падающего на участок поверхности, к площади этого участка (отношение мощности излучения к площади поверхности).
- **Энергетическая экспозиция(Н, Дж/м²)** – отношение энергии излучения, падающей на участок поверхности, к площади этого участка (физическая величина, определяемая интегралом облученности по времени: произведение облученности на длительность облучения)

Нормируемые величины

1. Для определения $H_{\text{пду}}$ и $E_{\text{пду}}$ при воздействии лазерного излучения **на кожу** усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром $1,1 \times 10^{-3} \text{ м}$, площадью $S_a = 10^{-6} \text{ м}^2$; - для всех трех диапазонов
2. Для определения $H_{\text{пду}}$ и $E_{\text{пду}}$ при воздействии лазерного излучения **на глаза** по апертуре диаметром $1,1 \times 10^{-3} \text{ м}$ для I и III диапазонов, а в диапазоне II – по апертуре диаметром $7 \times 10^{-3} \text{ м}$ ($S_a = 38 \times 10^{-6} \text{ м}^2$)
- 3.
4. $7 \times 10^{-3} \text{ м}$ - теоретический диаметр зрачка глаза

Нормируемые величины

- энергия W , Дж и
- мощность P , Вт излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры.

Указанные энергетические параметры связаны соотношениями:

$$H_{\text{пду}} = W_{\text{пду}} / S_a; \quad E_{\text{пду}} = P_{\text{пду}} / S_a$$

I спектральный диапазон УФ ($180 < \lambda \leq 380$ нм)

ПДУ лазерного излучения в диапазоне УФ ($180 < \lambda \leq 380$ нм) при однократном облучении глаз и кожи

 ПДУ для одиночных импульсов (таблица 3.1)

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $R_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу одиночных импульсов коллимированного одиночных импульсов коллимированного или рассеянного лазерного излучения при ограничивающей апертуре $1,1 \times 10^{-3}$ м

- ПДУ для серий импульсов

- предельная суточная доза $H_{\Sigma пду}(3 \times 10^4)$, таблица 3.2

**ПДУ лазерного излучения в диапазоне
 $180 < \lambda \leq 380$ нм при хроническом
облучении глаз и кожи**

Для определения предельно допустимых значений $H_{пду}$ и $E_{пду}$, $W_{пду}$ и $P_{пду}$, а также предельных суточных доз $H_{\Sigma пду} (3 \times 10^4)$ при хроническом облучении глаз и кожи коллимированным коллимированным или рассеянным лазерным излучением в диапазоне длин волн λ необходимо соответствующие предельные **значения для однократного воздействия**

уменьшить в 10 раз.

II спектральный диапазон ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) – видимая и ближняя инфракрасная область

Воздействие на глаза

Для коллимированных пучков излучения в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ нм, представляющих наибольшую опасность для сетчатки глаз, предельно допустимые параметры задаются в терминах энергии $W_{пду}$ и мощности $P_{пду}$ излучения, проходящего через ограничивающую апертуру диаметром 7×10^{-3} м

ПДУ лазерного излучения в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ (в диапазоне II) при однократном облучении глаз

1. ПДУ при воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения

таблица 3.3 $W_{пду}$ - длительность воздействия меньше 1с

таблица 3.4 $P_{пду}$ - длительность воздействия больше 1с

Когда длительность воздействия превышает 1 с, целесообразно определять значение предельно допустимой мощности.

2. ПДУ при воздействии на глаза неколлимированного лазерного излучения

3. ПДУ при воздействии на глаза серий импульсов коллимированного лазерного излучения

ПДУ лазерного излучения в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ нм при хроническом воздействии на глаза

Для определения предельно допустимых значений $W_{пду}$ и $P_{пду}$ коллимированного или рассеянного лазерного излучения в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) при **хроническом воздействии на глаза необходимо уменьшить в 10 раз** соответствующие предельные значения для однократного воздействия.

Воздействие на кожу

ПДУ лазерного излучения в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ (в диапазоне II) при однократном облучении кожи

■ **1. ПДУ лазерного излучения для одиночных воздействий (таблица 3.6)**

Соотношения для определения значений $H_{пду}$ и $E_{пду}$, а также $W_{пду}$ и $P_{пду}$ при однократном воздействии **на кожу** коллимированного или рассеянного лазерного излучения при ограничивающей апертуре **$1,1 \times 10^{-3}$ м**

■ **2. ПДУ для серий импульсов**

ПДУ лазерного излучения в диапазоне $380 < \lambda \leq 1400$ нм при хроническом облучении кожи

Для определения предельно допустимых значений $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $P_{пду}$ при **хроническом воздействии** на кожу коллимированного или рассеянного лазерного излучения в диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм) необходимо **уменьшить в 10 раз** соответствующие предельные значения для однократного воздействия.

III ~~спектральный диапазон ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм)~~ – дальняя инфракрасная область

ПДУ лазерного излучения в диапазоне $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм при однократном облучении глаз и кожи

1. ПДУ лазерного излучения для одиночных воздействий (таблица 3.7)

Соотношения для определения $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $R_{пду}$ при однократном воздействии на глаза и кожу коллимированного или рассеянного излучения, при ограничивающей апертуре $1,1 \times 10^{-3}$ м

2. ПДУ лазерного излучения для серий импульсов

~~ПДУ лазерного излучения в диапазоне $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм при хроническом воздействии на глаза и кожу~~

Для определения значений $H_{пду}$, $E_{пду}$ и $W_{пду}$, $R_{пду}$ при **хроническом воздействии на глаза и кожу коллимированного** или рассеянного лазерного излучения в спектральном диапазоне III ($1400 < \lambda \leq 10^5$ нм) необходимо **уменьшить в 5 раз** соответствующие предельные значения для однократного облучения.

Классификация лазеров по степени опасности генерируемого излучения

- Определение класса лазера основано на учете его выходной энергии (мощности) и предельно допустимых уровней при однократном воздействии генерируемого излучения.
- По степени опасности генерируемого излучения подразделяются на четыре класса.

Класс 1.

Выходное коллимированное излучение не представляет опасности при облучении глаз и кожи

Класс 2.

Выходное излучение представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком; диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз

Класс 3.

Выходное излучение 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.

Класс 4.

Выходное излучение представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

Класс 1.

Лазерные изделия безопасные при предполагаемых условиях эксплуатации.

Класс 2.

Лазерные изделия, генерирующие видимое излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм.

Защита глаз обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания.

Класс 3А.

Лазерные изделия, безопасные для наблюдения незащищенным глазом

Для ЛИ, генерирующих излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм, защита обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания. Для других длин волн опасность для незащищенного глаза не больше, чем для класса 1.

Непосредственное наблюдение пучка, испускаемого лазерными изделиями класса 3А с помощью оптических инструментов (бинокль, телескоп, микроскоп), может быть опасным.

Класс 3В.

Непосредственное наблюдение таких ЛИ всегда опасно. Видимое рассеянное излучение обычно безопасно.

Класс 4.

Лазерные изделия, создающие опасное рассеянное излучение. Они могут вызвать поражение кожи, а также создать опасность пожара. При их использовании следует соблюдать особую осторожность.

Знаки и надписи

- Каждое лазерное изделие должно иметь знак (знаки) предупреждения о лазерной опасности с указанием класса изделия.
- Лазерные изделия, при работе которых возможно образование других, помимо лазерного излучения, опасных и вредных производственных факторов, должно иметь соответствующие знаки безопасности.
- **Лазерное изделие I класса** должно иметь пояснительный знак с надписью:

Лазерное изделие класса I

- **Лазерное изделие II класса** должно иметь предупреждающий знак и пояснительный знак с надписью:

*Лазерное излучение
Не смотрите в пучок
Лазерное изделие класса II*

Знаки и надписи

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*

Знаки и надписи

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
-  - длине волны излучения.

Знаки и надписи

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

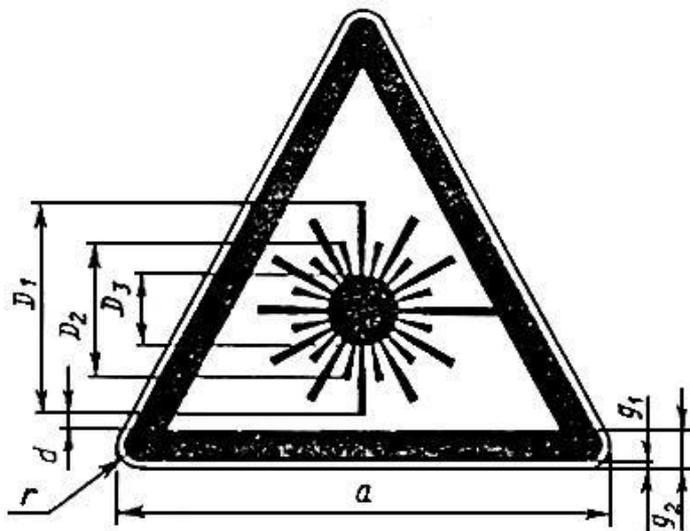
Внимание!

При открывании - лазерное излучение

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

Невидимое лазерное излучение

Предупреждающий знак - знак лазерной опасности



ГОСТ Р 50723-94

Опасные и вредные производственные факторы при работе с лазерами

- Физические
- Химические
- Психофизиологические

Связь наличия опасных и вредных производственных факторов с классом лазера

Опасные и вредные производственные факторы	Класс лазера			
	1	2	3	4
Лазерное излучение:				
прямое, зеркально отраженное	-	+	+	+
диффузное отражение	-	-	+	+
Повышенная напряженность электрического поля (повышенное значение напряжения в цепях управления и источниках электропитания лазеров)	-(+)	+	+	+
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	-	-	-(+)	+
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	-	-	-(+)	+
Повышенная яркость света	-	-	-(+)	+

Связь наличия опасных и вредных производственных факторов с классом лазера

Опасные и вредные производственные факторы	Класс лазера			
	1	2	3	4
Повышенные уровни шума и вибрации	-	-	-(+)	+
Повышенный уровень ионизирующих излучений	-	-	-	+
Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ- и СВЧ-диапазонов	-	-	-	-(+)
Повышенный уровень инфракрасной радиации	-	-	-(+)	+
Повышенная температура поверхностей оборудования	-	-	-(+)	+
Химические опасные и вредные производственные факторы	-	-	-(+)	+

+ имеют место всегда;

- отсутствуют;

-(+) наличие зависит от конкретных технических характеристик лазера и условий его эксплуатации.

Требования к изготовлению лазерных изделий

Конструкция лазерных изделий независимо от их класса опасности и, при необходимости, индивидуальные средства защиты должны обеспечивать безопасность людей и исключать возможность несанкционированного выхода лазерного излучения любой длины волны, а также других сопутствующих вредных факторов за пределы рабочей зоны

Требования к эксплуатации лазерных изделий

При эксплуатации лазерных изделий II - IV класса назначается инженерно-технический работник, прошедший специальное обучение, отвечающий за обеспечение безопасных условий работы.

Лазерные изделия III - IV класса до начала их эксплуатации должны быть приняты комиссией, назначенной администрацией учреждения, с обязательным включением в ее состав представителей Роспотребнадзора.

Комиссия устанавливает выполнение требований настоящих Правил, решает вопрос о вводе лазерных изделий в эксплуатацию.

Решение комиссии оформляется актом.

Требования к эксплуатации лазерных изделий

Для ввода лазерного изделия III и IV класса в эксплуатацию комиссии должна быть представлена следующая документация:

- - паспорт на лазерное изделие;
 - - инструкция по эксплуатации и технике безопасности;
 - - утвержденный план размещения лазерных изделий;
 - - санитарный паспорт
-

Требования к персоналу

Персонал, допускаемый к работе с лазерными изделиями, должен пройти инструктаж и специальное обучение безопасным приемам и методам работы

Средства защиты от лазерного излучения

- Средства защиты должны снижать уровни лазерного излучения, 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.
- Средства защиты от лазерного излучения подразделяются на коллективные и индивидуальные. Выбор средства защиты в каждом конкретном случае осуществляется с учетом требований безопасности для данного процесса.

Дозиметрический контроль лазерного излучения

- **Дозиметрия лазерного излучения** - комплекс методов и средств определения значений параметров лазерного излучения в заданной точке пространства с целью выявления степени опасности и вредности для организма человека.
- **Расчетная или теоретическая дозиметрия** - методы расчета параметров лазерного излучения в зоне возможного нахождения человека.
- **Экспериментальная дозиметрия** - методы непосредственного измерения параметров лазерного излучения в заданной точке пространства.

Дозиметрический контроль лазерного излучения

- **Дозиметр лазерного излучения** (лазерный дозиметр - ЛД)
- средство измерений параметров лазерного излучения в заданной точке пространства с целью определения степени его опасности для организма человека.
- **Дозиметрический контроль** - измерение с помощью лазерных дозиметров энергетических параметров зеркально отраженного, диффузно отраженного или рассеянного лазерного излучения и сопоставление измеренных значений параметров со значениями предельно допустимых уровней (ПДУ) с целью определения степени его опасности для операторов.

2 формы дозиметрического контроля:

- предупредительный (оперативный) дозиметрический контроль;
- индивидуальный дозиметрический контроль.

Требования к аппаратуре

Для дозиметрического контроля лазерного излучения необходимо применять переносные ЛД:

- показывающие;
- пороговые;
- показывающие с пороговым устройством.

ЛД должны быть откалиброваны в следующих единицах намерений:

- в единицах энергетической экспозиции ($\text{Дж}/\text{м}^2$, $\text{Дж}/\text{см}^2$)
- в единицах облученности ($\text{Вт}/\text{м}^2$, $\text{Вт}/\text{см}^2$)
- в единицах энергии (Дж)
- в единицах мощности (Вт)
- в единицах времени (с)
- в единицах количества импульсов (имп.)
- в единицах частоты (Гц)

Требования к аппаратуре

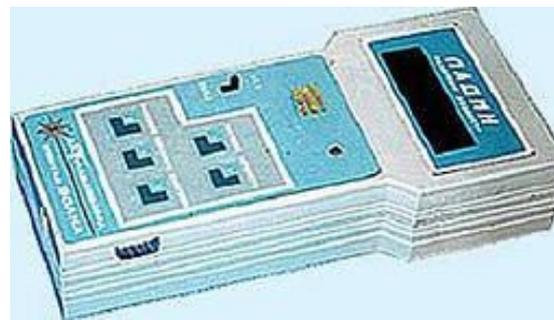
Основные параметры и характеристики ЛД:

- спектральный диапазон измерений (нм, мкм)
- рабочие длины волн лазерного излучения
- диапазон измерений импульсной энергетической экспозиции
- диапазон измерений облученности
- диапазон измерений энергии импульсов лазерного излучения
- диапазон измерений мощности непрерывного и импульсно-модулированного лазерного излучения
- диапазон измерений суммарной энергетической экспозиции
- диапазон измерения времени воздействия лазерного излучения
- диапазон измерений количества импульсов лазерного излучения
- диапазон измерений частоты повторения импульсов лазерного излучения
- площадь входного зрачка (см²)
- диаметр входного зрачка (мм)
- угол поля зрения {...°}.

Обязательные наборы рабочих длин волн лазерного излучения:

- 0,25: 0,34 мкм — в спектральном диапазоне 1;
- 0,53: 0,63; 0,69; 0,91; 1,06 мкм — в спектральном диапазоне 2;
- 10,6 мкм — в спектральном диапазоне 3.

Лазерный дозиметр «ЛАДИН»



Требования к ЛД по ГОСТ Р 12.1.031—2010

- **1. При проведении предупредительного дозиметрического контроля лазерного излучения необходимо использовать раздвижной штатив в виде треноги, снабженный углоповоротным механизмом с установленным на нем устройством наведения, на котором закрепляют ЛД или приемное устройство ЛД (далее — ПУЛД).**
- **2. Штатив должен обеспечивать перемещение центра входного зрачка ЛД или ПУЛД в вертикальной плоскости в диапазоне расстояний от 30 до 170 см от плоскости пола помещения.**
- **3. Углоповоротный механизм штатива должен обеспечивать возможность перемещения оси визирования ЛД или ПУЛД в горизонтальной плоскости в пределах $\pm 90^{\circ}$ и в вертикальной плоскости в пределах (не менее) от - 50- до + 25°.**

Требования к ЛД по ГОСТ Р 12.1.031—2010

- 4. Устройство наведения должно обеспечивать возможность наведения оси визирования ЛД или ПУЛД на точку пересечения оси лазерного пучка с плоскостью зеркально или диффузно отражающей или рассеивающей поверхности, а также возможность измерения расстояний от центра входного зрачка ЛД или ПУЛД до указанной точки пересечения.
- 5. Для обеспечения возможности выполнения указанных операций устройство наведения должно быть снабжено лазерным дальномером-рулеткой (ЛДР).
- 6. Устройства наведения должно обеспечивать возможность определения угла между осью визирования ЛД или ПУЛД и проекцией указанной оси на плоскость пола помещения.
- 7. В комплект индивидуального ЛД должно входить устройство, позволяющее размещать ПУЛД на голове оператора лазерной установки вблизи его глаз.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

- при работе лазерного изделия в режиме максимальной отдачи мощности (энергии), определенной условиями эксплуатации;
- от всех источников излучения, встречающихся на пути лазерного пучка;
- при условиях, когда создается максимальный уровень доступного излучения;
- в точках пространства, в которых возможно воздействие лазерного излучения на персонал при всех видах работы (эксплуатация, пусконаладочные работы и пр.);
- в процессе поиска и наведения измерительного прибора на источник излучения должно быть найдено такое положение, при котором регистрируются максимальные уровни лазерного излучения

Требования к квалификации операторов-дозиметристов

К проведению измерений допускают лиц:

1. достигших 18 лет,
 2. не имеющих медицинских противопоказаний,
 3. изучивших эксплуатационную документацию на контролируемые ЛУ, ГОСТ Р 50723. Санитарные нормы и правила СН 5804-91
 4. и прошедших инструктаж по технике безопасности при работа с электроустановками.
-

Протокол дозиметрического контроля (ПрДК)

Подготавливают протокол дозиметрического контроля лазерного излучения.

Протокол дозиметрического контроля (ПрДК) - документ, содержащий результаты измерений, проведенных в процессе дозиметрического контроля.

1. В ПрДК записывают следующие данные:

- заявитель (заказчик) проведения дозиметрического контроля;
 - организация, проводившая дозиметрический контроль;
 - дата проведения дозиметрического контроля;
 - средство измерений (тип и заводской номер ЛД);
-

Протокол дозиметрического контроля (ПрДК)

- наименование и тип лазерной установки (ЛУ);

-класс ЛУ по степени опасности (в соответствии с СН 5804-91):

-технические характеристики излучателя ЛУ:

λ , t_i , F_i , θ , гиз,

где θ (рад) — расходимость пучка лазерного излучения, определенная из паспортных данных ЛУ,

гиз (мм) — радиус пучка излучения в плоскости выходного окна излучателя, определенный из паспортных данных ЛУ.

Протокол дозиметрического контроля (ПрДК)

2. Записывают в ПрДК виды работ и последовательность операций, выполняемых оператором ЛУ в процессе каждого вида работ, с указанием времени, затраченного на каждую операцию.
3. Приводят в ПрДК условную схему рабочего места оператора и схему ЛУ (далее — схема РМО и ЛУ).
4. Наносят на схему РМО и ЛУ границу рабочей зоны (ГРЗ) оператора и границу зоны возможного повреждения глаз (ГЗГ) оператора
5. Выбирают точки контроля A_i {где i - 1, 2, 3, ... —номер точки контроля) на ГРЗ и ГЗГ в соответствии с Д.2 (приложение Д).

Метод предупредительного дозиметрического контроля лазерного излучения

- **Граница рабочей зоны (ГРЗ)**- граница зоны крайних положений пальцев рук оператора лазерной установки при выполнении им основных и вспомогательных операций.
 - **Граница зоны возможного повреждения глаз (ГЗГ)**- граница зоны крайних положений зрачков глаз оператора лазерной установки при выполнении им основных и вспомогательных операций
 - **Точка контроля** - точка пространства, в которой осуществляется дозиметрический контроль лазерного излучения.
-

Форма протокола дозиметрического контроля лазерного излучения (ПрДК)

- Заявитель (заказчик) проведения дозиметрического контроля _____
 -
 - Организация, проводившая дозиметрический контроль _____
 -
 - Дата проведения дозиметрического контроля _____
 - Лазерный дозиметр (ЛД) типа, № _____
 -
 - Наименование, тип лазерной установки (ЛУ) _____
 -
 - Класс ЛУ по степени опасности _____
 -
-

Протокол № _____ дозиметрического контроля лазерного излучения (продолжение)

- Технические характеристики лазерной установки
- Вид излучения: одиночные импульсы; импульсное, импульсно-модулированное, серия импульсов, непрерывное (нужнее подчеркнуть!)
- Длина волны излучения λ _____ мкм
- Длительность импульса $\tau_{\text{и}}$ = _____ с
- Частота повторения импульсов $F_{\text{и}}$ = _____ Гц
- Расходимость лазерного пучка θ = _____ рад

Протокол № _____ дозиметрического контроля лазерного излучения (продолжение)

- Радиус лазерного пучке на выходе излучателя $r_{из} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм
- ВИДЫ работ, выполняемые на ЛУ:

- Время работы ЛУ в каждом режиме

-
- Схема ЛУ, схема РМО. границы рабочей зоны (ГРЗ) и границы зоны возможного повреждения глаз (ГЗГ) с указанием точек контроля приводят на оборотной стороне протокола.
- Характеристики точек контроля (см. отдельно)
- Данные измерений (см. отдельно)

Отнесение условий труда по классу (подклассу) при воздействии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное излучение) Методика проведения СОУТ

Наименование показателя фактора	Класс (подкласс) условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Лазерное излучение	$\leq \text{пду}_1$ $\leq \text{пду}_2$	$> \text{пду}_1$ $> \text{пду}_2$	$\leq 10 \text{ пду}_2$	$< 10^2 \text{ пду}_2$	$< 10^3 \text{ пду}_2$	$> 10^3 \text{ пду}_2$

Определение класса условий труда по лазерному излучению (СН №5804-91 и Р2.2.2006-05)

Р2.2.2006-05

Таблица 16

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное излучение)

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
		1 степени ни	2 степени ни	3 степени ни	4 степени ни	
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1	2	3	4	5	6	7
Лазерное излучение ¹⁾	$\leq \text{пду}_1$	$> \text{пду}_1$				
	$\leq \text{пду}_2$	$> \text{пду}_2$	$\leq 10 \text{ пду}_2$	$< 10^2 \text{ пду}_2$	$< 10^3 \text{ пду}_2$	$> 10^3 \text{ пду}_2$

¹⁾ В соответствии с СанПиН 5804 — 91 «Санитарными нормами и правилами устройства и

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное излучение)

Фактор	Классы условий труда						
	Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный - 3				Опасный (экстрем.) 4
			1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Лазерное излучение □	-	$\leq \text{ПДУ}_1$	ПДУ_2	10 ПДУ_2	10^2 ПДУ_2	10^3ПДУ_2	$>10^3 \text{ПДУ}_2$

□ В соответствии с СанПиН 5804-91 "Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров"

(ПДУ_1 - для хронического воздействия, ПДУ_2 - для однократного воздействия).