

Особенности работы с лазерными излучателями

Использование лазерных приборов связано с определенной опасностью для человека. Рассмотрим особенности конструирования и практического применения лазерных приборов, связанные с возможностью поражения глаз и кожных покровов человека. При этом основополагающими нормативными документами являются: 825-я публикация Международной технической комиссии (МЭК) под названием "Радиационная безопасность лазерных изделий, классификация оборудования, требования и руководство для потребителей" как наиболее компетентная рекомендация мирового класса; новейшая отечественная разработка СНиП; ГОСТы.

Физиологические эффекты при воздействии лазерного излучения на человека непосредственно на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны; однако в связи со спектральными особенностями поражения органов и существенно различными предельно допустимыми дозами облучения обычно различают воздействие на глаза и кожные покровы человека.

Воздействие лазерного излучения на органы зрения

Основное вредное воздействие лазерное излучение оказывает на сетчатку глаза, причем хрусталик (и глазное яблоко), действуя как дополнительная фокусирующая оптика, существенно повышает концентрацию энергии на сетчатке. Диапазон длин волн вредного воздействия на сетчатку глаза от 0.4 до 1.4 мкм.

Максимально допустимый уровень (МДУ) прямого облучения сетчатки

Основное воздействие при импульсном воздействии оказывает тепловое разрушение сетчатке, при длительном воздействии излучения на сетчатку глаза приводит в основном к фотохимическим процессам ее разрушения.

При наличии последовательности импульсов не только ни один из них, но и усредненная облученность не должны превышать МДУ.

При усреднении воздействия последовательности импульсов с длительностью $dt < 10$ мкс и частотой повторения $f > 1$ Гц МДУ одиночного импульса должен быть уменьшен в C_5 раз: $C_5 = 1/\sqrt{f}$ при $1 < f < 278$ Гц. $C_5 = 0.06$ при $f > 278$ Гц.

Если длительность отдельных импульсов dt в последовательности превышает 10 мкс, то для длительностью Ndt за ограничение облученности принимают $1/N$ часть МДУ. В сериях до 10-ти импульсов принимают длительность импульса равным длительности серии и считают как в предыдущем пункте.

МДУ для наружных покровов глаз человека

Невидимое УФ-(0.2.. 0.4 мкм) или ИК-излучение (1.4.. 1000 мкм) практически не доходят до сетчатки и поэтому может повреждать лишь наружные части глаза человека. Представление МДУ облучения как поверхности в координатах t В 825-й публикации МЭК определены МДУ облучения роговой оболочки глаза человека прямым (т.е. направленным) лазерным излучением.

МДУ облучения глаз рассеянным лазерным излучением

На практике наиболее вероятно рассеянное лазерное излучение. В этом случае очень важно при определении МДУ облучения перенормировать плотность излучения в диапазоне $0.4 < \lambda < 1.4$ мкм. достигающего сетчатки, поражая ее. Эта перенормировка связана с тем, что характер и размер поражения сетчатки изменяются в связи с резким увеличением зоны облучения - от 0.01 мм., т.е. угловой размер составляет $1'$ до $a = 0.015 \dots 0.24$ рад.

МДУ лазерного облучения кожных покровов

МДУ лазерного облучения для кожных покровов человека определяется по рекомендациям МЭК, и они несколько отличаются от значений, рассмотренных ранее для глаз в области видимого и ближнего ИК-излучения (<1.4 мкм.) Для определения МДУ для глаз и для кожных покровов пользуются таблицами, созданными по рекомендации МЭК.

Требования к изготовителям лазерных приборов в связи с обеспечением безопасности пользователей

МЭК рекомендует в связи с унификацией требований к конструкциям лазерных приборов разделять эти приборы на четыре класса с точки зрения опасности лазерного излучения для пользователей наиболее безопасные как по своей природе, так и по конструктивному исполнению являются приборы класса 1.

Технико-гигиеническая оценка лазерных изделий

В систему документов, устанавливающих единую систему обеспечения лазерной безопасности, входят: технические средства снижения опасных и вредных производственных факторов, организационные мероприятия, контроль условий труда на лазерных установках.

К опасным и вредным производственным факторам относятся: - лазерное излучение (прямое рассеянное, прямое, отраженное) ; световое излучение (УФ, видимое, ИК) от источников накачки или кварцевых газоразрядных трубок, а также от плазменных факелов и материалов мишени; - шум и вибрации; - ионизирующие и рентгеновское излучение (при анодном напряжении более 5 КВ) ; - продукты взаимодействия ЛИ и мишеней; - высокое напряжение в цепях питания; - ВЧ- и СВЧ-поля от генераторов накачки; - нагретые поверхности; - токсичные и агрессивные вещества, используемые в конструкции лазера; - опасность взрывов и пожаров.

Все факторы нормируются соответствующими ГОСТами.

Классы опасности лазерного излучения по СНИП 5804-91

Наиболее опасно лазерное излучение с длиной волны: 0.38 1.40 мкм. - для сетчатки глаза; 0.18 - 0.38 мкм. и свыше 1.40 мкм. - для передних сред глаза; 0.18 - 100 мкм. (т.е. во всем диапазоне) для кожи.

При конструировании лазерных установок руководствуются принципом исключения воздействия ЛИ на человека.

По степени опасности ЛИ делится на 4 класса: 1 класс полностью безопасное ЛИ; 2 класс - ЛИ представляет опасность для кожи и глаз при облучении коллимированным пучком, но безопасно при диффузном облучении; 3 класс - ЛИ видимого диапазона опасно для глаз (коллимированное и диффузное излучение на расстоянии менее 10 см. от отражающей поверхности) и кожи (коллимированный пучок) ; - 5 4 класс - диффузно отраженное ЛИ опасно для кожи и глаз на расстоянии менее 10 см.

Гигиеническое нормирование ЛИ

Для каждого режима работы лазера и спектрального диапазона рекомендуются соответствующие предельно допустимые уровни (ПДУ) для энергии (W) и мощности (P) излучения, прошедшего ограничивающую апертуру $d = 7$ мм. для видимого диапазона или $d = 1.1$ мм. для остальных, энергетической экспозиции

(Н) и облученности (Е) , усредненных по ограничивающей апертуре: $H = W / S_a$, $E = P / S_a$, где S_a - ограничивающая апертура.

Хронические ПДУ в 5 - 10 раз ниже ПДУ однократного воздействия. При одновременном воздействии ЛИ разного диапазона их действие суммируется с умножением на соответствующий энерго-вклад.

Лазерное излучение характеризуется некоторыми особенностями: 1 - широкий спектральный ($\lambda=0.2.. 1$ мкм) и динамический (120.. 200 дБ) ; 2 - малая длительность импульсов (до 0.1 нс) ; 3 - высокая плотность мощности (до $1e+9$ Вт/см²) энергии; 1. Измерение энергетических параметров и характеристик лазерного излучения 1.1 Измерение мощности и энергии лазерного излучения.

Энергия[Дж] - энергия, переносимая лазерным излучением - W Мощность [Вт] энергия, переносимая лазерным излучением в единицу времени - P Средства измерения содержат: 1) ПИП - приемник (первичный) измерительный преобразователь 2) Измерительное устройство 3) Регулирующее или отсчетное устройство В ПИП энергия преобразуется в тепловую или механическую или в электрический сигнал ПИП делятся на два типа: поглощающего и проходного В ПИП поглощающего типа, поступая на вход энергия лазерного излучения почти полностью поглощается и рассеивается в нем.

В ПИП проходящего типа рассеивается лишь поступившей на вход энергии излучения, а большая часть излучения проходит через преобразователь и может быть использована для требуемых целей.

Измерительное устройство включает преобразовательные элементы и измерительную цепь. Их назначение - преобразование выходного сигнала ПИП в сигнал, подаваемый на отсчетное устройство.

Отсчетное или регистрирующее устройство служит для считывания или регистрации значения измеряемой величины.