**Вопрос 2. Вредные и опасные факторы при работе лазерных установок.**

Оптические квантовые генераторы или лазеры находят все более широкое применение впромышленности. Их использование возможно благодаря таким уникальным свойствам, как монохроматичность ивысокая плотность излучаемых колебаний, а также благодаря возможности формирования очень узких пучков излучения с высокой концентрацией в них электромагнитной энергии.

Можно выделить два направления применения лазеров и отрасли. Первое направление связано с целенаправленным воздействием на обрабатываемое вещество (микросварка, термообработка, резка хрупких и твердых материалов, подгонка параметров микросхем и др.), второе направление находит все большее развитие.

Диапазон длин волн, излучаемых лазерами, охватывает видимый спектр и распространяется в инфракрасную и ультрафиолетовую области. Чаще всего используются лазеры с длинами волн 0,49 - 0,51; 0,53 - 0,63; 0,694; 1,06; 10,6 мкм.

Действие лазерного излучения бывает: тепловым – заключается в том, что при фокусировке излучения выделяется значительное количество тепла в небольшом объеме за короткий промежуток времени; энергетическим – определяется высоким градиентом электрического поля, который может вызвать поляризацию молекул, резонансные и другие эффекты, фотохимическим – проявляется и выцветании некоторых красителей; механическим – характеризуется возникновением колебаний типа ультразвуковых в облучаемом организме.

Основную опасность при эксплуатации лазера представляет прямое лазерное излучение. Из-за его большой интенсивности и малой расходимости луча возникает возможность получения высокой плотности излучения, достигающей иногда 1011 - 1014 Вт/см2, *в* то время как для испарения самых твердых материалов достаточно 109 Вт/см2.

Излучение лазера, выходящее из резонатора, направляется через различные оптические элементы (фильтры, линзы, призмы, светоотделительные пластинки и т.д.) на какую-либо мишень*.* Все эти элементы внекоторой степени отражают или рассеивают излучение оптических квантовых генераторов. Зеркально отраженное излучение опасно в той же мере, что и прямое. Кроме того, зеркально-отраженный луч лазера может многократно зеркально или диффузно отражаться от различных поверхностей.

Степень потенциальной опасности лазерного излучения зависит от мощности источника, длины волны, длительности импульса и чистоты его следования, окружающих условий, отражения и рассеяния излучения.

Кроме воздействия лазерного излучения возникают и другие опасные факторы.

Вредное влияние на глаза может оказать световая энергия от импульсных ламп накачки. Во время разряда лампа накачки излучает энергию, достигающую десятков килоджоулей. Кроме того, спектр излучения импульсных ламп содержит длинноволновые ультрафиолетовые лучи, которые могут дополнительно вызывать специфическую реакцию глаз.

К сопутствующим опасным факторам, возникающим при эксплуатации лазерных установок, можно отнести:

* высокое напряжение зарядных устройств, питающих батарею конденсаторов большей емкости. После разряда конденсаторов на лампы вспышки они могут сохранять электрический разряд высокого потенциала;
* загрязнение воздушной среды химическими веществами, образующимися при разрядке импульсных ламп накачки (озон, окислы азота), в результате испарения материала мишени при сварке, сверлении и других технологических операциях (окись углерода, свинец, ртуть, продукты термоокислительного разложения материала мишени, побочные продукты реакции лазера);
* интенсивный шум, возникающий в момент работы некоторых лазеров;
* рентгеновское излучение при фокусировании излучения лазера в газе в режиме модулирования добротности и образование сгустка высоко ионизированной плазмы с плотностью электронов 1015 -1020 см-3.

Биологические эффекты, возникающие при воздействии лазерного излучения на организм человека, делятся на две группы:

1) Первичные эффекты - органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых тканях;

2) Вторичные эффекты - неспецифические изменения, появляющиеся в организме в ответ на облучение.

Наиболее подвержен поражению лазерным излучениям глаз человека. Сфокусированный на сетчатке хрусталиком глаза лазерный луч будет иметь вид малого пятна с еще более плотной концентрацией энергии, чем падающее на глаз излучение. Поэтому попадание лазерного излучения в глаз опасно и может вызвать повреждение сетчатой и сосудистой оболочек с нарушением зрения. При малых плотностях энергии происходит кровоизлияние, а при больших - ожег, разрыв сетчатой оболочки, появление пузырьков глаза в стекловидном теле.

Излучение лазера, работающего в ультрафиолетовом и дальнем инфракрасном диапазоне длин волн, почти полностью будет поглощаться прозрачными средами глаза, содержащими большое количество жидкости. Вследствие этого их повреждения могу наступить при сравнительно небольших интенсивностях излучения, обычно эти повреждения имеют характер ожогов.

Лазерное излучение может вызвать также повреждение кожи и внутренних органов человека. Повреждение кожи лазерным излучением схоже с термическим ожогом. На степень повреждения влияют как входные характеристики лазеров, так и цвет, и степень пигментации кожи. Интенсивность излучения, которая вызывает повреждение кожи, намного выше интенсивности, приводящей к повреждению глаза. Кроме ожогов кожи лазерное излучение способно вызвать повреждения внутренних органов, даже в тех случаях, когда на теле возникают относительно слабые поверхностные повреждения. Эти повреждения имеют характер отеков, кровоизлияний, омертвления тканей, свертывания и распада крови. В ряде случаев имеет место воздействие как прямого, так и зеркально отраженного лазерного излучения на отдельные органы человека, а также диффузно отраженного излучения на весь организм человека. Результатом такого воздействия оказываются различные функциональные изменения центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, эндокринных желез, физическое утомление и др.

В соответствии с “Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров” лазеры подразделяются по степени опасности генерируемого ими излучения на четыре класса.

К лазерам класса I относятся лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи.

К лазерам класса II относятся лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямыми или зеркально отраженным излучением.

У лазеров класса III выходное излучение представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально и диффузно отраженным излучением на расстоянии десяти сантиметров от диффузно отражающей поверхности и при облучении кожи прямым и зеркально отраженным излучением.

Лазеры класса IV представляют опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии десяти сантиметров от отражающей поверхности.

Классификация технологических лазерных установок проводится измерением уровней лазерного излучения в рабочей зоне и сравнением их с предельно-допустимым уровнем (ПДУ).

Кроме прямого лазерного излучения на организм человека при эксплуатации лазеров различных классов могут воздействовать сопутствующие опасные и вредные производственные факторы (табл. 1).

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор | Класс лазеров | | | | |
|  | I | II | III | IV |
| Электрическое напряжение  Световое излучение импульсных ламп или газового разряда  Шум, вибрация  Аэрозоль  Газы  Электромагнитное излучение (ВЧ, СВЧ)  Ионизирующее излучение | - (+)  -  -  -  -  -  - | +\*  -  -  -  -  -  - | +  - (+)  - (+)  -  -  -  - | +  +  +  +  +  - (+)  - (+) |

* При разработке Знак “+” означает наличие вредного фактора, знак “-” - его отсутствие.

Энергетическую экспозицию, освещенность лазерного излучения H,E Вт/см2 (Дж/см2) на расстоянии R от источника при условии равномерного распределения энергии в пятне можно определить по формуле



где *P* - мощность энергии излучения, Вт (Дж); θ - угол расхождения луча; θ = 2.44 λ / *d*; δ - коэффициент ослабления излучения лазера воздушной средой.

Во многих случаях необходимо знать, какой интенсивностью обладает в данной точке пространства отраженный луч (от объекта, стен помещения и т.п.). В условиях диффузного отражения энергетическую экспозицию, освещенность в заданной точке можно определить по формуле



(в которую при необходимости добавляется сомножитель *e-δR* )

Где *Pn* - энергия (мощность), падающая на отраженную поверхность, Дж (Вт); *Ко* - коэффициент отражения поверхности; β - угол между нормалью к поверхности и направлением на глаз; *Kn* - коэффициент, учитывающий размер пятна; если *R* > 30 *rn* (*rn* - радиус пятна), то *Kn* = 1.

Для определения безопасного расстояния R приведенные формулы преобразуются заменой *H* на допустимые значения *Нпду*.

Министерством Здравоохранения СССР утверждены в 1981г “Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров”, в которых установлены ПДУ облучения роговой оболочки сетчатки глаз и кожи.

На ПДУ влияют следующие параметры:

* длина волны лазерного излучения λ;
* длительность импульса τ;
* частота повторения импульса f;
* длительность воздействия t;
* угол расхождения луча: для лабораторных условий берется равным 20`, для полевых условий при  (где R - расстояние от глаза до излучателя; d - диаметр пучка на выходе генератора) принят I′;
* диаметр зрачка глаза: при работе в дневных условиях принимается равным четырем миллиметрам, а в ночных - восьми миллиметрам.

Для лазеров с моноимпульсным и непрерывным режимом излучения нормируется энергетическая освещенность E (облученность - отношения потока излучения, падающего на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка, иначе: произведение энергетической освещенности (облученности) на длительность облучения (ГОСТ 7601-78)).

При одновременном воздействии лазерного излучения с различными параметрами на один и тот же участок тела и при условии суммирования биологических эффектов сумма отношений уровней лазерного излучения Hn к величине ПДУ Hпду не должна превышать единицы, т.е.

H1/Hпду(1)+Н2/Нпду(2)+...+Нn/Нпду(n)1.

Для контроля лазерного излучения и определения границ опасной зоны в условиях производства применяют ряд приборов. В зависимости от типа приемника излучения приборы разделяют на калориметрические, фотоэлектрические, фотохимические, механические и др. Наибольшее распространение получили первые два вида приборов.

Калориметрический метод основан на поглощении энергии излучения приемником прибора и превращении ее в тепловую энергию. Однако этот метод не точен вследствие наложения на показания колебаний температуры внешней среды.

При фотоэлектрическом методе измерений происходит преобразование энергии излучения в электрическую энергию. Этот метод позволяет достичь высокой чувствительности и поэтому в настоящее время является основным при дозиметрии лазерного излучения. На этом принципе основаны приборы “Измеритель-1”, ИЛД-2. Прибор “Измеритель-1” предназначен для измерения службами охраны труда непосредственно на рабочих местах плотностей мощности и энергии отраженного лазерного излучения с длинами волн 0,53; 0,63; 0,69 и 1,069 мкм. Прибор ИЛД-2 измеряет энергетические характеристики направленного или отраженного лазерного излучения с длиной волны 0,49 - 1,15 и 2 - 11 мкм в заданной точке пространства. Величину лазерного излучения определяют на рабочих местах на уровне глаз работающего и открытых частей его тела.

По результатам измерений строится диаграмма направленности уровней плотности отраженной энергии, что дает возможность оценить опасность и разработать комплекс защитных мероприятий.

Методы и средства защиты от воздействия лазерного излучения можно подразделить на организационные, инженерно-технические и средства индивидуальной защиты.

Организационные методы защиты обеспечивают правильную организацию работ, исключающую попадание людей в опасные зоны при работе на лазерных установках.

Инженерно-технические методы предусматривают создание безопасных лазерных установок за счет уменьшения мощности применяемого лазера, надежной экранировки лазерной установки и дистанционного управления. Надежной защитой от случайного попадания на человека является экранирование луча световодом на всем пути его действия. Для снижения уровня отраженного излучения линзы, призмы и другие твердые предметы с зеркальной поверхностью на пути следования луча снабжают блендами, а перед облученным объектом устанавливают защитные экраны - диафрагмы с отверстием, диаметром, несколько превышающим диаметр луча.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются специальные защитные очки, стекла в которых подбираются в соответствии с ГОСТ 9411-81Е; технологические халаты и перчатки, изготавливаемые из хлопчатобумажной ткани светло-зеленого или голубого цвета.

Для уменьшения опасности необходима защита от сопутствующих опасностей, источниками которых являются сама лазерная установка и обрабатываемые объекты. Для уменьшения загрязнения воздуха парами и аэрозолями испаряющихся веществ мишени, а также образующегося в воздухе озона в рабочих помещениях предусматривают специальную систему вентиляции. Применяют также необходимые меры защиты от высокого напряжения (защитные и предохранительные блокировки), воздействие электромагнитных полей (защитные экраны), шума (звукоизолирующие кожухи), жесткого рентгеновского излучения, ионизации воздуха, взрывов и пожаров. Выполнение мер защиты обеспечивает безопасность работ, проводимых с лазерными установками.

При работе лазерных установок, обслуживающий персонал подвергается следующим вредным и опасным факторам:

1. Излучение лазера даже небольшой мощности при попадании на сетчатку глаза может вызвать её разрушение, что приведёт к частичной или полной потере зрения.

2. При работе с мощными лазерными установками можно получить ожог .

3. Как и любое электрооборудование, лазерные установки опасны с точки зрения поражения электрическим током.