

охране труда по созданию безопасных и безвредных условий труда на всех предприятиях и рабочих местах.

Получено 12.12.2001

УДК 528.5

В.И.ТОРКАТЮК, д-р техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Учет особенностей лазерного излучения при конструировании приборов и выполнении строительно-монтажных работ даст возможность более эффективно использовать инновации в строительной отрасли и обеспечить безопасность работающих.

На современном этапе развития инновационных направлений в строительной отрасли [1,2] все более широкое использование находят оптические квантовые генераторы (лазеры) [3], которые, с одной стороны, позволяют значительно повысить эффективность выполнения строительных процессов [4,5], а, с другой стороны, ионизирующее излучение оказывает вредное влияние на организм человека [6,7]. Все это вызывает необходимость поиска средств и методов защиты организма человека от вредного влияния лазерного излучения.

Организация защиты от вредного биологического действия лазерного излучения представляет собой важный комплекс задач, включающий в себя:

- организацию санитарного контроля за условиями труда людей, эксплуатирующих различные лазерные устройства;
- создание методов измерения интенсивности прямого и отраженного лазерных излучений;
- научное и экспериментальное обоснование предельно допустимых уровней воздействия излучения лазеров на органы зрения, кожные покровы и другие ткани;
- разработку и проверку комплекса защитных мероприятий по улучшению условий труда персонала, обслуживающего лазерные устройства.

Для защиты организма человека от воздействия лазерного излучения используют методы, позволяющие исключить возможность облучения обслуживающего персонала прямым и отраженным светом. При этом существуют трудности, которые заключаются в необходимости дифференцированного подхода к использованию различных типов лазеров.

Анализируя возможную опасность излучения лазерной установки, необходимо учитывать:

- тип лазера и опасность, которую могут представлять его отдельные узлы (лампы накачки, системы охлаждения, блоки высокого напряжения и т.д.);
- атмосферные условия (количество водяных паров в воздухе и степень его чистоты);
- наличие средств защиты, а также индивидуальные особенности человека, который может подвергнуться облучению.

В табл.1 приведены данные о допустимой предельной плотности энергии излучения рубиновых лазеров и на неодимовом стекле, из которой следует, что рубиновый лазер по действию на глаза значительно опаснее.

Таблица 1 – Критическая и максимально допустимая для глаз плотность энергии при облучении их лазерами

Тип лазера	Длина волны, мкм	Критическая плотность энергии излучения лазера, Дж/см ²		Максимально допустимая плотность энергии излучения, Дж/см ²
		для роговицы	для сетчатки	
Рубиновый	0,6943	$5 \cdot 10^{-6}$	0,7	$5 \cdot 10^{-7}$
На неодимовом стекле	1,06	10^{-5}	1,4	10^{-6}

Некоторые авторы называют еще меньшую критическую плотность энергии импульсного излучения для рубинового лазера – $2 \cdot 10^{-8}$ Дж/см (для роговицы) с оговоркой о введении "страховочного" коэффициента, равного 100, т.е. практически подтверждают данные табл.2.

Таблица 2 – Допустимый /безопасный/ уровень плотности энергии излучения рубинового лазера при различном диаметре зрачка

Условия освещения	Диаметр зрачка, мм	Импульсный режим, Дж/см ²		Непрерывный режим с длительностью излучения 0,1с, Вт/см ²
		с модулированной добротностью	свободная генерация	
Днем	3	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$
В помещении	5	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Ночью	7	10^{-8}	10^{-7}	10^{-5}

Безопасное расстояние человека при непродолжительных (мгновенных) наблюдениях зависит от яркости источника и размера изображения на сетчатке. По мере того как человек удаляется от источника, он наблюдает все меньше отдельных элементов источника. Относительное положение изображения на сетчатке каждого элемента при-

ближается к соседним элементам и они сливаются. При этом наблюдатели, вооруженные оптическими приборами, могут быть поражены на расстояниях, значительно превышающих дальность поражения невооруженного глаза.

Создание средств защиты органов зрения от поражающего действия лазеров встречает ряд трудностей, вытекающих из самой физической природы излучения: чрезвычайно малой длительности импульса и его высокой энергетической плотности. Первое свойство совершенно исключает возможность применения средств защиты, основанных на механических и даже электронных затворах с управлением от фотодатчика, так как длительность лазерного импульса, составляющая единицы и даже десятки наносекунд, значительно меньше постоянной времени срабатывания самых быстрых затворов — 10^{-4} или 10^{-5} с. Кроме того, необходимо учитывать такие требования к средствам защиты, особенно индивидуальным, как простота устройства, его постоянная готовность к действию, малые размеры, масса и, наконец, стоимость. Для защиты людей требуется простое устройство, не стесняющее движений и не создающее трудностей в выполнении служебных обязанностей. Второе свойство лазеров требует повышенной прочности элементов защитных систем: фотодатчиков и защитных фильтров, что также создает известные трудности.

Наиболее полно удовлетворяют перечисленные выше требования защитные поглощающие или отражающие светофильтры (очки), создающие для узких спектральных полос лазерного излучения препятствия, ослабляющие излучение настолько, что оно не представляет опасности для зрения. Способность материала к поглощению или отражению падающей на него энергии света называется оптической плотностью. Оптическая плотность D_{ϕ} защитного фильтра для данной длины волны выражается десятичным логарифмом отношения интенсивности света J , прошедшего через фильтр, к интенсивности света J_0 , падающего на поверхность этого фильтра:

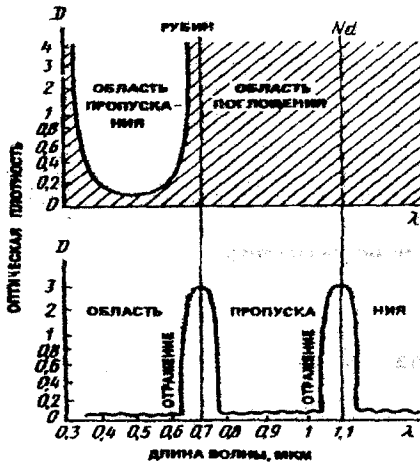
$$D_{\phi} = -\lg \frac{J}{J_0}.$$

При разработке защитных светофильтров оптическая плотность характеризуется уровнем затмения (величиной, обратной прозрачности материала). Для каждого диапазона излучения в соответствии с уровнями затмения максимальная прозрачность материала $S_m = 7/3D \rightarrow 1$.

Поглощающие и отражающие фильтры должны иметь такие характеристики, чтобы оптическая плотность в узких спектральных полосах излучения лазеров была высокой, а в разрешающей области, где надо обеспечить возможность видения глазами, низкой. Наиболее употребительны поглощающие стекла и плазмасы. Фильтры из поглощающего материала дешевые и на некоторой длине волны поглощают до 90% падающей на них световой энергии.

Отражающие фильтры обладают, как правило, ярко выраженной частотной избирательностью и чаще всего изготавливаются из диэлектрических пленок, при этом на частотах, на которые фильтры рассчитываются, может отражаться до 95% падающей световой энергии. Диэлектрические отражатели могут быть изготовлены из пленок на основе оксидов титана или оксидов кремния.

На рисунке изображены характеристики оптической плотности фильтров, из которых следует, что интерференционные отражающие фильтры, обладая хорошим пропусканием в видимой области, уступают цветным поглощающим фильтрам в оптической плотности на длинах волн излучения лазеров.



Характеристика оптической плотности поглощающих и интерференционных отражающих фильтров

Недостаточная прочность защитных фильтров по отношению к лазерному излучению с высокой плотностью энергии излучения побуждает искать такие системы защиты, в которых высокая оптическая плотность обеспечивается путем комбинирования отражающих и по-

глошающих фильтров. Такой фильтр, составленный из отражающего дихроичного зеркала, имеющего высокий (до 90%) коэффициент отражения на длине волны лазера и прикрывающего второй компонент защитной системы – поглощающий цветной фильтр, при высокой оптической плотности на длине волны лазера имеет в то же время хорошую лучевую прочность, так как на поглощающий фильтр попадает лишь часть энергии лазера. Другие комбинации такого рода состоят из цветного поглощающего фильтра, на который наносится многослойное интерференционное покрытие. И первая, и вторая комбинации обладают хорошим визуальным пропусканием, поскольку применение отражающего фильтра позволяет уменьшить толщину поглощающего фильтра.

За рубежом созданы конструкции очков, поглощающих световое излучение лазеров в диапазонах 0,20...0,54 и 0,61...1,25 мкм. Очки состоят из стеклянных поглощающих фильтров двух типов, разделенных многослойными отражательными покрытиями.

Созданы также защитные очки, представляющие собой набор фильтров с различными коэффициентами поглощения. При этом коэффициент поглощения увеличивается для каждого последующего фильтра и для данного фильтра выбирается с таким расчетом, чтобы не происходило его разрушение и уровень прошедшего через него лазерного излучения оказывался таким, чтобы последующий фильтр также не разрушался. Однако даже при резком возрастании мощности когерентного светового излучения, при котором может произойти растрескивание первого фильтра, он продолжает эффективно поглощать световое излучение. Для вывода каждого фильтра из строя необходимо практически полное его разрушение. Фильтры достаточно узкополосны, чтобы, поглощая излучение данного лазера, пропускать лучи в остальной части видимого спектра. Комбинируя наборы различных фильтров, можно создавать защитные очки для различных длин волн. Эти же наборы фильтров могут использоваться и в других оптических устройствах.

По форме защитные устройства могут иметь вид обычных очков или гибких масок и шлемов с смонтированными в них светофильтрами. Оптическую плотность светофильтров следует выбирать такой, чтобы плотность мощности падающего излучения не вызывала повреждений в материале светофильтра.

Наряду с защитными очками в лазерных лабораториях рекомендуется применять специальные диффузные экраны, ворсистые драпировки и дистанционные телевизионные установки. Для стекол защит-

ных очков считается допустимой плотность энергии импульсного излучения 100 Дж/см².

При работе с лазером необходимо оберегать не только глаза, но и исключить возможность попадания лазерного излучения на открытые участки кожи, в которых уже при плотностях энергии излучения лазера 50 Дж/см² наблюдаются значительные необратимые повреждения. Двойная фетровая ткань обычно хорошо задерживает лазерное излучение до 100 Дж/см², но только при длине волны $\lambda=0,6943$ мкм. При $\lambda=1,06$ мкм тот же двойной фетр задерживает только 90% лазерного излучения. Для защиты рук рекомендуется применять кожаные перчатки.

При работе с лазерными приборами большое значение имеют автоматические средства оповещения. Принцип работы таких приборов основан на том, что пучок лазерного излучения, попадая на зеркало, установленное на оси вращающегося электродвигателя, и отразившись от него, поступает на фотоприемник, где при определенной плотности энергии лазерного излучения срабатывает сигнальное устройство, подавая сигнал тревоги.

Для количественного определения опасного уровня энергии разработаны индивидуальные лазерные дозиметры. Принцип их работы состоит в том, что импульс излучения через объектив дозиметра попадает на матовую пластинку, помещенную перед фотоэлементом, который присоединен к предварительно заряженному нитяному электроскопу. Разряд емкости электроскопа и соответствующее отклонение нити происходят под влиянием фототока, возникающего при освещении фотоэлемента. После окончания действия импульса фототок прекращается, а потерянный электроскопом заряд оказывается пропорциональным полной энергии импульса лазерного излучения.

Учет вышеупомянутых особенностей лазерного излучения при конструировании приборов и выполнении строительно-монтажных работ, а также учет их при составлении технологических карт на выполнение соответствующих видов работ дает возможность более эффективно использовать инновации в строительной отрасли и обеспечить безопасность работающих.

1. Торкатюк В.И. Проблемы и перспективы использования биотехнологии в создании строительных систем // Науковий вісник будівництва. Вип.14. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2001. – С.123-126.

2. Торкатюк В.И., Марюхин В.Н., Бутник С.В., Васильев Д.И. Формирование охраны труда при использовании авиационной техники в строительстве // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип.33. – К.: Техніка, 2001. – С.261-273.

3. Торкатюк В.И. Применение лазерной техники при монтаже строительных кон-

струкций. Реф. информ. о передовом опыте. Серия 7. Изготовление и монтаж металлических строительных конструкций. – 1976. – Вып. 5(86). – С.14-15.

4.Торкатюк В.И. Некоторые особенности и основные направления применения лазерной техники в строительстве // Строительное производство. Вып.17. – К.: Будівельник, 1973. – С. 60-65.

5.Торкатюк В.И. Телевизионная техника при возведении высотных зданий // Реф. информация о передовом опыте (Минмонтажспецстрой СССР). Серия VII. Изготовление и монтаж металлических строительных конструкций. Вып. II (80). – 1975. – С.21-22.

6.Торкатюк В.И., Гордиенко В.П., Титарь В.П. Лазерная техника в строительстве. – К.: Будівельник, 1981. – 60 с.

7.Торкатюк В.И., Бутник С.В. Монтаж конструкций большепролетных зданий. – К.: ІСДО, 1993. – 344 с.

Получено 12.12.2001

УДК 65.9:331.45

Я.О.СЕРІКОВ, канд. техн. наук

Харківська державна академія міського господарства

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ФАКТОРІВ У МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО ЖИТЛОВОГО ФОНДУ І ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЧЕРЕЗ ХАРАКТЕРИСТИКУ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

Приведено опис пропонованого підходу до класифікації факторів, що впливають на прогнозування та забезпечення безпечної експлуатації міського житлового фонду і промислових об'єктів через характеристику міцності бетону.

Статистика показує, що однією з істотно важливих конструктивних складових існуючого міського житлового фонду, що розвивається, промислових об'єктів є бетонні й залізобетонні вироби, конструкції і споруди.

Вирішення задачі прогнозування та забезпечення безпечної експлуатації міського житлового фонду і промислових об'єктів через характеристику міцності бетону зв'язано із необхідністю розробки системного підходу до складання переліку факторів і їхньої оцінки за ступенем впливу на зазначену характеристику бетону.

Враховуючи вплив на стан цих конструктивних складових міцності та структурних характеристик бетону, можливий такий варіант вирішення поставленої задачі.

Використовуючи системний підхід до виділення, угруповання й оцінки значущості факторів, що впливають на рівень безпеки експлуатації бетонних і залізобетонних виробів, конструкцій і споруд (умовно назвемо – «об'єктів»), з акцентом на вищевказані характеристики бетону, логічно формується два основних їх масиви.

Перший масив факторів відноситься до етапу виготовлення об'єк-