

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Охрана труда»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Методические указания  
к лабораторной работе  
по дисциплине «Охрана труда»

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 621.373.826.002.56 (076.5)

ББК 32.86–5 я 7

И 88

Составители:

А.М. Науменко, Н.М. Журавков

Рецензенты:

Б.М. Данилко, Т.Н. Киселева

В работе изложены общие сведения о лазерном излучении, его влиянии на организм человека, нормирование лазерного излучения, защита и методы измерения параметров лазерного излучения.

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Измерение параметров лазерного излучения в заданной точке пространства.

2. Сравнение фактических значений облученности  $E$  и энергетической экспозиции  $H$  с предельно допустимыми уровнями.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### *2.1. Лазерное излучение. Влияние на организм человека*

Лазерное излучение (ЛИ) является электромагнитным излучением, генерируемым в диапазоне длин волн 0,18–1000 мкм, который может быть разбит в соответствии с биологическим действием на ряд областей спектра:

- а) от 0,18 до 0,4 мкм – ультрафиолетовая область;
- б) свыше 0,4 до 0,75 мкм – видимая область;
- в) свыше 0,75 до 1,4 мкм – ближняя инфракрасная область;
- г) свыше 1,4 мкм – дальняя инфракрасная область.

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, частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Наиболее чувствительным органом к лазерному излучению являются глаза. 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 выше 1400 нм – для передних сред глаза.

Повреждение кожи может быть вызвано ЛИ любой длины волны рассматриваемого спектрального диапазона (180–10<sup>5</sup> нм).

Интенсивное облучение кожи лазерным излучением вызывает в ней различные изменения: от легкой эритемы (покрас-

нения) до поверхностного обугливания. Особенно значительные повреждения наблюдаются на пигментированных участках (родимых пятнах), в местах с сильным загаром или на коже, обладающей естественным темным цветом.

При большой интенсивности облучения возможны повреждения не только кожи, но и внутренних тканей и органов. Эти повреждения имеют характер отеков, кровоизлияний, а также свертывания или распада крови. Наиболее подвержены воздействию лазерного излучения органы, имеющие темную окраску (печень, почки).

Кроме этого, лазерное излучение воздействует и в целом на организм (центральную нервную и сердечно-сосудистую систему).

## ***2.2. Защита от лазерного излучения***

Способы защиты от лазерного излучения подразделяют на коллективные и индивидуальные.

К о л л е к т и в н ы е с р е д с т в а защиты от лазерного излучения включают применение телевизионных систем наблюдений за ходом процесса; защитные экраны (кожухи); системы блокировки и сигнализации, ограждение лазерно-опасной зоны.

Для снижения уровня отраженного излучения на промежуточных оптических элементах устанавливаются защитные бленды, перед мишенью – защитная диафрагма и далее – огнезащитный экран.

В качестве с р е д с т в индивидуальной защиты применяют противолазерные очки, технологические халаты и перчатки.

При визуальном контроле попадания луча в мишень с помощью оптической системы в ней устанавливаются автоматические затворы или светофильтры, защищающие глаза оператора.

Для уменьшения опасности поражения за счет уменьшения диаметра зрачка оператора в помещениях должна быть хорошая освещенность. КЕО должен быть не менее 1,5 %, а общее искусственное освещение – не менее 150 лк.

### 2.3. Термины и определения

**Апертура** – отверстие в защитном корпусе лазера, через которое испускается лазерное излучение.

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

**Диффузно отраженное ЛИ** – излучение, отраженное от поверхности, соизмеримой с длиной волны, по всевозможным направлениям в пределах полусферы.

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

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

**Лазерно опасная зона (ЛОЗ)** – часть пространства, в пределах которого уровень ЛИ превышает предельно допустимый уровень (ПДУ).

**Непрерывное ЛИ** – излучение, существующее в любой момент времени наблюдения.

**Облученность** – отношение мощности 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.

**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.

**ПДУ ЛИ при хроническом воздействии** – уровни излучения, воздействие которых при работе установленной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к травме, заболеванию или отклонению в состоянии здоровья работающего в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

**Угловой размер источника излучения** – величина, которая 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;

$\theta$  – угол между нормалью к поверхности источника и направлением визирования.

**Энергетическая экспозиция** – физическая величина, определяемая произведением облученности на время воздействия.

## 2.4. Нормирование лазерного излучения

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

I.  $180 < \lambda < 380$  нм;

II.  $380 < \lambda < 1400$  нм;

III.  $1400 < \lambda \leq 3800$  нм.

Нормируемыми параметрами ЛИ являются облученность  $E$ ,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , и энергетическая экспозиция  $H$ , Дж/м<sup>2</sup>, усредненные по ограничивающей апертуре:

$$E = \frac{P}{S},$$

где  $P$  – мощность излучения;

$S$  – площадь облучаемого участка.

$$H = E \cdot T,$$

где  $T$  – время воздействия излучения.

Для определения ПДУ  $E_{\text{ПДУ}}$  и  $H_{\text{ПДУ}}$  при воздействии ЛИ на кожу усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м (площадь апертуры  $S_a = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>).

Для определения ПДУ  $H_{\text{ПДУ}}$  и  $E_{\text{ПДУ}}$  при воздействии на глаза ЛИ в диапазонах I и III усреднение также производится по апертуре диаметром  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м, а в диапазоне II – по апертуре диаметром  $7 \cdot 10^{-3}$  м.

Кроме  $E$  и  $H$  нормируемыми параметрами являются также мощность  $P$ , Вт, и энергия  $W$ , Дж, излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры.

При оценке воздействия на глаза лазерного излучения в диапазоне II ( $380 < \lambda < 1400$  нм) нормирование энергии и мощности ЛИ, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром  $7 \cdot 10^{-3}$  м, является первостепенным.

Указанные выше энергетические параметры связаны соотношением

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{P_{\text{ПДУ}}}{S_a},$$

где  $S_a$  – площадь апертуры:  $S_a = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>.

$$H_{\text{ПДУ}} = \frac{W_{\text{ПДУ}}}{S_a}.$$

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

Значения  $E_{\text{ПДУ}}$ ,  $H_{\text{ПДУ}}$ ,  $P_{\text{ПДУ}}$  и  $W_{\text{ПДУ}}$  для разных диапазонов длин волн приведены в приложении (табл. П1).

## ***2.5. Характеристика лазера, используемого в лабораторной работе***

Для проведения лабораторной работы используется лазер ЛГН-207А – лазер газовый непрерывного режима работы. Он относится ко 2-му классу опасности по СанПиН 2.2.4.13-2–2005.

Мощность лазерного излучения  $1,8 \cdot 10^{-3}$  Вт.

Длина волны излучения 630 нм.

Диаметр пучка лазерного излучения на расстоянии 40 мм – 0,52 м.

Расходимость лазерного излучения 1,83 мрад.

## **3. ИЗМЕРИТЕЛЬ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИМО-2Н**

### ***3.1. Назначение и технические характеристики***

Для выполнения настоящей лабораторной работы используется измеритель средней мощности и энергии лазерного излучения ИМО-2Н. Данный измеритель предназначен для измерения мощности лазерного излучения непрерывных и импульсных лазеров с частотой повторения не менее 5 Гц при максимальной плотности мощности не более  $3 \text{ Вт/см}^2$  и энергии лазерного излучения в свободном режиме при длительности импульсов не менее 0,1 мс и максимальной плотности не более  $20 \text{ Дж/см}^2$ .

Прибор используется при следующих параметрах пучка лазерного излучения:

средняя мощность, Вт,..... $3 \cdot 10^{-4}$ –100;

энергия, Дж,..... $3 \cdot 10^{-3}$ –10;

диапазон длин волн, мкм,.....0,4–10,6.

Предельное время установления рабочего режима 30 мин.

Минимальный интервал времени между измерениями мощности – 5 мин, энергии – 3 мин.

Прибор состоит из следующих частей:

- блока регистрации;
- головки измерительной;



- механизма юстировки;
- ослабителя мощности;
- визира.

Принцип работы прибора ИМО-2Н заключается в поглощении приемным элементом мощности (энергия) лазерного излучения и преобразовании ее в эквивалентное значение термоЭДС, значение которой фиксируется показывающим прибором блока регистрации.

### ***3.2. Калибровка прибора***

Для калибровки прибора поставить переключатели рода работ и пределов измерения в положение «мощность» («энергия») в режиме измерения «0,01 Вт» («0,1 Дж») и выставить нуль прибора ручкой «Установка нуля». В случае если регулировки нуля не хватает, добиться установления нуля регулировкой регистра «Уст.0» на задней панели прибора. Через 5 мин перевести переключатель рода работ в режим калибровки. На блоке регистрации должно установиться  $100 \pm 0,5$  делений. В противном случае добиться этого регулировкой регистра «Усиление».

### ***3.3. Порядок работы***

Включить вилку прибора в сеть. Выключатель сети поставить в положение «Сеть». При этом должна загореться индикаторная лампа. Снять крышку с окна головки измерительной. Прогреть прибор в течение 30 мин.

Переключатель рода работ и пределов измерения установить в необходимый режим. Установить нуль прибора. На головку измерительную подать пучок лазерного излучения и произвести отсчет показаний.

При измерении средней мощности на пределах 3, 10, 30 и 100 Вт установить ослабитель мощности с соответствующим диском перед входным окном измерительной головки так, чтобы ось пучка лазерного излучения проходила вблизи сред-

ней линии секторных вырезов диска; установить переключатель пределов измерения в положение «1 Вт»; включить электродвигатель дискового ослабителя; подать лазерное излучение в головку измерительную и произвести отсчет. Для получения действительного значения измеряемой мощности умножить показания блока регистрации на величину коэффициента ослабления диска, указанную в паспорте прибора.

При работе с прибором необходимо производить калибровку через каждый час работы прибора.

Для отключения прибора необходимо:

переключатели режима работы и пределов измерения установить в положение «Арретир» и «10 Дж»;

выключатель сети блока регистрации установить в нижнее положение;

отключить прибор от сети и закрыть крышкой окно головки измерительной.

#### **4. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

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.

*Порядок проведения дозиметрического контроля  
измерителем мощности и энергии лазерного измерения ИМО-2Н*

Установленный в заданной точке контроля дозиметр с приемным устройством включают в рабочий режим средней мощности  $P_{cp}$  или энергии  $W$ .

Входную диафрагму устанавливают на приемное устройство и отверстие входной диафрагмы приемного устройства дозиметра направляют на возможный источник излучения (лазер или любую отражающую поверхность). Поворачивая

приемное устройство в двух плоскостях, находят положение, при котором показания дозиметра максимальны.

При контроле лазерного излучения измеряют среднюю мощность  $P$  и энергию  $W$ .

Затем находят облученность  $E_e$  по формуле

$$E_e = \frac{P}{S}, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $S$  – площадь входной диафрагмы,  $\text{м}^2$ .

После этого определяют энергетическую экспозицию  $H_e$ :

$$H_e = E \cdot \tau, \text{ Дж/м}^2,$$

где  $\tau$  – время воздействия лазерного излучения, с.

Измеренные значения параметров лазерного излучения заносят в протокол дозиметрического контроля.

### Протокол дозиметрического контроля

№ п/п	Режим излучения	Длина волны, $\lambda$ , нм	Длительность воздействия $\tau$ , с	Диаметр диа- фрагмы $d$ , м	Площадь диа- фрагмы $S$ $\text{м}^2$	Мощность излу- чения $P$ , Вт	Энергия $W$ , Дж	Облученность $E$ , Вт/ $\text{м}^2$	Энергетическая экс- позиция $H$ , Дж/ $\text{м}^2$
1									
2									
3									

Затем фактические параметры лазерного излучения (облученность  $E$ , энергетическую экспозицию  $H$ , мощность  $P$  и энергию  $W$ ) сравнивают с предельно допустимыми уровнями, приведенными в приложении.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

$H_{\text{ПДУ}}, E_{\text{ПДУ}}, W_{\text{ПДУ}}$  и  $P_{\text{ПДУ}}$  при однократном воздействии на глаза и кожу лазерного излучения в диапазоне I ( $180 < \lambda \leq 380$  нм).

Ограничивающая апертура –  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м

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

---


$$T_I^* = 10^{-13} 10^{0,8(\lambda-95)}, \lambda - \text{нм.}$$

Таблица П2

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

Спектральный интервал $\lambda$ , нм	$H_{\text{ПДУ}}^\Sigma (3 \cdot 10^4), \text{Дж/м}^2$
1	2
$180 < \lambda \leq 302,5$	25
$302,5 < \lambda \leq 315$	$0,8 \cdot 10^{0,2(\lambda-295)}$

305	80
-----	----

Окончание табл. П2

1	2
307,5	250
310	$8 \cdot 10^2$
312,5	$2,5 \cdot 10^3$
315	$8 \cdot 10^3$
$315 < \lambda \leq 380$	$8 \cdot 10^3$

Таблица П3

$W_{\text{ПДУ}}$  при однократном воздействии на глаза лазерного излучения в спектральном диапазоне П ( $380 < \lambda \leq 1400$  нм).

Длительность воздействия – меньше 1 с.

Ограничивающая апертура –  $7 \cdot 10^{-3}$  м

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

		$7,4 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
--	--	---

Таблица П4

$P_{\text{ПДУ}}$  при однократном воздействии на глаза лазерного излучения в спектральном диапазоне П ( $380 < \lambda \leq 1400$  нм).

Длительность облучения – больше 1 с.

Ограничивающая апертура  $7 \cdot 10^{-3}$  м

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

Таблица П5

$H_{\text{ПДУ}}$ ,  $E_{\text{ПДУ}}$ ,  $W_{\text{ПДУ}}$  и  $P_{\text{ПДУ}}$  при однократном воздействии на кожу лазерного излучения в спектральном диапазоне II ( $380 < \lambda \leq 1400$  нм).

Ограничивающая апертура –  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м

Спектральный интервал $\lambda$ , нм	Длительность воздействия $t$ , с	$H_{\text{ПДУ}}$ , Дж·м <sup>-2</sup> $E_{\text{ПДУ}}$ , Вт·м <sup>-2</sup>
$380 < \lambda \leq 500$	$10^{-10} < t \leq 10^{-1}$ $10^{-1} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{\text{ПДУ}} = 2,5 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[5]{t}$ $H_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{t}$ $E_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^2$
$500 < \lambda \leq 900$	$10^{-10} < t \leq 3$ $3 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{\text{ПДУ}} = 7,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[5]{t}$ $E_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t}$ $E_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^2$
$900 < \lambda \leq 1400$	$10^{-10} < t \leq 1$ $1 < t \leq 10^2$ $t > 10^2$	$H_{\text{ПДУ}} = 2,0 \cdot 10^4 \cdot \sqrt[5]{t}$ $E_{\text{ПДУ}} = 2,0 \cdot 10^3 / \sqrt[5]{t^4}$ $E_{\text{ПДУ}} = 5,0 \cdot 10^2$
$W_{\text{ПДУ}} = H_{\text{ПДУ}} \cdot 10^{-6}$ ; $P_{\text{ПДУ}} = E_{\text{ПДУ}} \cdot 10^{-6}$		

Таблица П6

$H_{\text{ПДУ}}, E_{\text{ПДУ}}, W_{\text{ПДУ}}$  и  $P_{\text{ПДУ}}$  при однократном воздействии на глаза и кожу лазерного излучения в спектральном диапазоне III ( $1400 < \lambda \leq 10^5$  нм).

Ограничивающая апертура  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м,  $S_a = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>

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



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы. . . . .	3
2. Общие сведения. . . . .	3
2.1. Лазерное излучение. Влияние на организм человека. . . . .	3
2.2. Защита от лазерного излучения. . . . .	4
2.3. Термины и определения. . . . .	5
2.4. Нормирование лазерного излучения. . . . .	6
2.5. Характеристика лазера, используемого в лабораторной работе. . . . .	8
3. ИЗМЕРИТЕЛЬ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИМО-2Н. . . . .	8
3.1. Назначение и технические характеристики. . . . .	8
3.2. Калибровка прибора. . . . .	9
3.3. Порядок работы. . . . .	9
4. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. . . . .	10
ПРИЛОЖЕНИЕ. . . . .	12

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Методические указания  
к лабораторной работе  
по дисциплине «Охрана труда»

Составители:

НАУМЕНКО Александр Михайлович  
ЖУРАВКОВ Николай Михайлович

Редактор Т.Н. Микулик

Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 12.09.2011.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 0,82. Тираж 50. Заказ 364.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.