

Метрологическое обеспечение лазерной безопасности

Б.Н. Рахманов, д-р техн. наук, профессор¹

В.Т. Кибовский, эксперт²

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

² Центр по оценке соответствия и подтверждению качества оборудования, изделий и технологий АНО «АтомТехноТест»

e-mail: rbn8@yandex.ru

Ключевые слова:

лазерная безопасность,
лазерная дозиметрия,
лазерные дозиметры,
методы дозиметрического контроля,
открытые пространства.

Рассмотрены вопросы исторического развития и современного состояния в области метрологического обеспечения системы лазерной безопасности в России. Проведен обзор основных метрологических нормативных документов в области лазерной дозиметрии, приведены технические характеристики современных лазерных дозиметров. Показана необходимость разработки новых перспективных методов лазерной дозиметрии на открытых пространствах.

1. История становления дозиметрии лазерного излучения как части отечественной системы лазерной безопасности

В [1, 2] рассмотрены вопросы современного состояния нормативно-правовой базы (НБ) системы лазерной безопасности (ЛБ), существующей в России, и проблема правовой коллизии, возникшей в НБ ЛБ в последние годы. Сосредоточившись на рассмотрении правовых и нормативных проблем, авторы [1, 2] не смогли рассмотреть вопросы технического обеспечения контроля безопасного применения лазерных изделий (ЛИЗ) в нашей стране. Данная статья восполняет этот пробел и имеет своей целью довести до сведения читателей информацию о формировании системы инструментального контроля за соблюдением требований ЛБ в оборонной, производственной и научной отраслях России и о современном ее состоянии.

Область измерений параметров лазерного излучения (ЛИ), имеющая своей целью обеспечение безопасности здоровья человека в условиях воздействия ЛИ, исторически получила наименование «дозиметрия лазерного излучения» или более кратко — «лазерная дозиметрия». Истоки этого термина следует искать в [3], где описан первый прибор для контроля безопасного уровня ЛИ, изготовленный в США. Индикатором в этом приборе служил *индивидуальный дозиметр* гамма-излучения, специальным образом подключенный к фотоэлементу. Прибор его авторы называли «лазерный дозиметр» (ЛД) по аналогии с радиационным дозиметром, и, естествен-

но, сам процесс измерений стали называть «лазерной дозиметрией» (ЛДОЗ). Следует заметить, что в дальнейшем выбранные наименования подобных приборов и метода измерений оказались вполне оправданными. Медико-биологические исследования, направленные на установление предельно допустимых уровней (ПДУ) ЛИ, показали, что эффект биологического воздействия ЛИ на организм человека зависит как от количества воздействующей лазерной энергии, так и от времени ее воздействия, т.е. от дозы излучения, попавшей на поверхность облучаемого органа тела в течение определенного времени.

В настоящее время термин «дозиметрия лазерного излучения» регламентируется стандартом ГОСТ Р 12.1.031–2010 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения» (далее ГОСТ Р-1) и определяется следующим образом: «Дозиметрия лазерного излучения — комплекс методов определения значений параметров лазерного излучения в заданной точке пространства с целью определения степени его опасности для организма человека». Сущность ЛДОЗ заключается в определении расчетным или экспериментальным методом параметров ЛИ и сравнении полученных результатов расчетов или измерений со значениями предельно-допустимых уровней (ПДУ). ЛДОЗ включает два основных раздела:

- *расчетная или теоретическая дозиметрия*, которая рассматривает методы расчета параметров ЛИ в зоне возможного воздействия на человека и приемы вычисления степени его опасности;

- *экспериментальная (инструментальная) дозиметрия*, рассматривающая методы и средства дозиметрического контроля (ДК) ЛИ, под которым понимается непосредственное измерение параметров ЛИ в заданной точке пространства и вычисление степени его опасности по результатам измерений.

В 2013 г. исполняется 30 лет системе ЛБ [2], поскольку в 1983 г. был введен в действие основополагающий стандарт системы ЛБ: ГОСТ 12.1.040–83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения». Однако фактически работы по обеспечению лазерной безопасности начались в СССР ещё за десять лет до введения в действие этого стандарта, причем в то время первоочередное внимание было обращено на создание средств и методов лазерной дозиметрии [4, 5]. В результате научно-исследовательских работ, проведенных по этому направлению, несколько раньше стандарта ГОСТ 12.1.040 появился стандарт ГОСТ 12.1.031–81 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения». Этот стандарт разрабатывался параллельно с разработкой лазерного дозиметра ИЛД-2, и при этом как прибор, так и стандарт имели двойное назначение (как в интересах обороны, так и гражданское применение). Разработка ЛД и сопутствующего стандарта началась в 1974 г. по техническому заданию (ТЗ) ЦКБ «Астрофизика» на НИОКР, предполагавшему как разработку ЛД, так и разработку методов дозиметрического контроля (ДК) ЛИ. Разработчиком был ВНИИОФИ Госстандарта СССР. Одной из предполагаемых целей применения проектируемого ЛД было обеспечение безопасности персонала, участвующего в испытаниях различных лазерных систем военного назначения в условиях полигонов. Это обусловило ряд дополнительных требований к конструкции прибора, обеспечивающих его повышенную надежность и устойчивость к внешним климатическим и механическим факторам.

С 1973 г. во ВНИИОФИ велась разработка экспериментального образца ЛД по ТЗ Института биофизики Министерства здравоохранения СССР, в котором проводились первые медико-биологические исследования с целью установления ПДУ ЛИ. В результате завершения НИР был создан экспериментальный ЛД типа ИЛД-1, который открыл серию изделий с аббревиатурой ИЛД (Измеритель для лазерной дозиметрии). Таким образом, отечественной лазерной дозиметрии в 2013 г., по существу, исполняется 40 лет.

Лазерный дозиметр ИЛД-2 [6] успешно прошел государственные приемочные испытания и был запущен в серийное производство на Волгоградском опытном заводе (ВОЗ) «Эталон». В дальнейшем конструкторами завода совместно со специалистами ВНИИОФИ была проведена модернизация изделия, после чего

дозиметр получил маркировку ИЛД-2М. Технические характеристики ИЛД-2М приведены в [9].

В основу схмотехнического решения дозиметров серии ИЛД положено изобретение, защищенное авторским свидетельством [8]. В изобретении предложена схема, реализующая метод преобразования импульсных сигналов — «метод интегрирования с автосинхронизацией» (МИА) [9]. При разработке дозиметров ИЛД решалась довольно непростая задача: обеспечить измерение одним прибором энергетических параметров (ЭП) ЛИ, генерируемого практически всеми возможными типами лазерных излучателей, работающих на различных длинах волн в различных режимах генерации (непрерывное или импульсно-модулированное излучение, излучение в виде одиночных импульсов или в виде отдельных серий импульсов). Измерения должны проводиться в широком динамическом диапазоне значений ЭП. Нижний предел измерений должен быть не менее чем на порядок ниже наименьшего значения ПДУ ЛИ, установленного по критерию поражения глаз, а верхний предел измерений должен на порядок превосходить значение ПДУ ЛИ для кожи человека. Измерения ЭП импульсного излучения должны проводиться в широком диапазоне длительности импульсов (от наносекунд до сотых долей секунды) и частоты их повторения (от нуля до сотен Гц). Применение МИА позволило решить эту задачу [10].

Измеритель для лазерной дозиметрии ИЛД-2М (рис. 1) состоит из двух сменных фотоприемных устройств (ФПУ) ФПУ-А и ФПУ-Б, а также электронного блока преобразования и регистрации. В комплект дозиметра входит также штатив с углопово-



Рис. 1. Измеритель для лазерной дозиметрии ИЛД-2М в рабочем положении для проведения измерений в полевых условиях

ротным устройством и устройством наведения, в качестве которого используется серийный теодолит Т-15 (рис. 1). ФПУ-А и ФПУ-Б предназначены для работы в спектральных диапазонах (СПД): 0,49–1,15 мкм (далее СПД 1) и 2–11 мкм (далее СПД 2). Дозиметр ИЛД-2М предназначен для измерения средней мощности и облученности от непрерывного ЛИ, а также энергии и энергетической экспозиции от импульсного ЛИ. Диапазоны измерения мощности и облученности: 10^{-6} –10 Вт (Вт/см²) в СПД 1 и 10^{-4} –1 Вт (Вт/см²) в СПД 2. Диапазоны измерения энергии и энергетической экспозиции: 10^{-8} –1 Дж (Дж/см²) в СПД 1 и 10^{-6} – 10^{-2} Дж (Дж/см²) в СПД 2. ИЛД-2М позволяет также измерять длительность импульсов ЛИ в диапазоне 10^{-6} – 10^{-2} с.

В начале 1980-х годов во ВНИИОФИ приступили к разработке лазерного дозиметра второго поколения, который должен был во многом превосходить ИЛД-2М по своим функциональным возможностям и при этом быть более компактным и удобным в эксплуатации. В результате был разработан и внедрен в серийное производство многоцелевой лазерный дозиметр ЛДМ-1 (рис. 2), модернизированный в процессе производства в модель ЛДМ-2. Технические характеристики ЛДМ-2 приведены в [7]. В основе схемотехнического решения дозиметров ЛДМ лежит изобретение группы разработчиков, защищенное авторским свидетельством [11]. Многоцелевые лазерные дозиметры ЛДМ-1 и ЛДМ-2 предназначены для измерения облученности от непрерывного ЛИ в диапазонах 10^{-7} –10 Вт/см² (в СПД 1) и 10^{-3} –1 Вт/см² (в СПД 2) а также энергетической экспозиции от импульсного ЛИ в диапазонах 10^{-9} – 10^{-1} Дж/см² (в СПД 1) и 10^{-5} – 10^{-1} Дж/см² (в СПД 2). Дозиметры ЛДМ измеряют также суммарную энергетическую экспозицию от непрерывного и импульсно-модулированного излучения (дозу излучения) в диапазонах 10^{-7} – 10^4 Дж/см² (в СПД 1) и 10^{-3} – 10^4 Дж/см² (в СПД 2). Кроме того дозиметры ЛДМ регистрируют количество импульсов ЛИ, поступивших во входной зрачок ФПУ за время ДК ЛИ. В дозиметрах предусмотрена возможность предварительной установки ожидаемых значений ПДУ всех измеряемых ЭП; превышение ПДУ сопровождается звуковым сигналом.

Основная задача, которую решают дозиметры серии ЛДМ: измерение параметров диффузно-отраженного и рассеянного ЛИ непосредственно на рабочих местах операторов (РМО) лазерных установок (ЛУ). Дозиметры ЛДМ позволяют осуществлять ДК ЛИ как в форме индивидуального дозиметрического контроля (ИДК ЛИ), так и в форме предупредительного дозиметрического контроля (ПДК ЛИ). В соответствии с ГОСТ Р-1 [4]:

- «индивидуальный дозиметрический контроль: измерение значений энергетических парамет-



Рис. 2. Многоцелевой лазерный дозиметр ЛДМ-1 в комплекте с защитными очками и наголовной гарнитурой, на которых закреплены ФПУ с целью проведения индивидуального дозиметрического контроля лазерного излучения

ров лазерного излучения, воздействующего на глаза (кожу) конкретного работающего в течение рабочего дня»;

- «предупредительный дозиметрический контроль: определение значений энергетических параметров лазерного излучения в точках границы рабочей зоны».

Для проведения ИДК ЛИ в комплект ЛДМ входят защитные очки с узлом крепления на них ФПУ и специальная наголовная гарнитура с аналогичным узлом крепления. При проведении ИДК ЛИ оператор ЛУ либо надевает на лицо защитные очки с закрепленным на них ФПУ, либо надевает на голову гарнитуру с ФПУ, закрепленным в налобном секторе гарнитуры. После такой подготовки к измерениям входной зрачок ФПУ располагается вблизи глаз оператора, что позволяет проводить реальную оценку степени опасности ЛИ, попадающего в процессе производственной деятельности оператора непосредственно в область зрачков глаз. Следует пояснить — именно глаз является наиболее уязвимым органом человека при воздействии на него лазерного излучения. На рис. 2 показан комплект дозиметра ЛДМ-1, подготовленный для работы в режиме ИДК ЛИ.

Для проведения ПДК ЛИ дозиметры ЛДМ комплектуются фотоштативом, на который крепится специальное углоповоротное и прицельное устройство (УПУ). На УПУ размещаются ФПУ, входящие в комплект ЛДМ (ФПУ-1 для измерений в СПД 1 и ФПУ-2 для измерений в СПД 2). На рис. 3 показана процедура проведения ПДК ЛИ с помощью лазерного дозиметра ЛДМ-1.

Серийный выпуск дозиметров ЛДМ-2 осуществлялся на ВОЗ «Эталон», но количество выпущенных приборов было не столь значительным по сравнению с объемом производства ИЛД-2М, составившем более 1 тыс. экземпляров. Серийный выпуск дозиметров ИЛД-2М и ЛДМ-2 прекратился в середине 1990-х годов, после банкротства завода-изготовителя (как и многих отечественных предприятий, выпускавших наукоемкую продукцию). Следует отметить, что от-



Рис. 3. Проведение предупредительного дозиметрического контроля лазерного излучения с помощью ЛДМ-1

дельные экземпляры дозиметров до сих пор находятся в эксплуатации и проходят периодическую поверку в ФГУП ВНИИОФИ.

Завершая рассмотрение первого этапа становления дозиметрии лазерного излучения, нельзя не вспомнить о малом предприятии ООО НТП «Лидар», основным направлением деятельности которого была лазерная безопасность. В НТП «Лидар» были разработаны простые и недорогие индивидуальные и пороговые ЛД [12]. ЛД изготавливались по прямым заказам различных предприятий и проходили метрологическую аттестацию во ВНИИОФИ. В качестве примера можно привести ЛД типа ЛД-6, предназначавшийся для оперативного контроля параметров диффузно-отраженного непрерывного и импульсно-модулированного ЛИ на рабочих местах. Схема прибора крайне проста: ФПУ с фотодиодом типа ФД-24К непосредственно подключалось к малогабаритному стрелочному микроамперметру. Единственным электронным компонентом схемы ЛД был малогабаритный тумблер включения и выключения ЛД. Для работы прибора не требовались какие-либо источники питания, так как в нем был реализован фототоковый режим работы ФД, не требующий подачи напряжения на ФД. Конструктивно ЛД-6 представлял собой плоскую пластмассовую коробочку размером с мыльницу, из которой наружу выходил тонкий кабель длиной порядка 50 см, на конце которого был закреплен небольшой цилиндрический корпус ФПУ [12]. С помощью такого устройства достаточно легко можно было осуществлять ДК ЛИ как в форме ИДК ЛИ, так и в форме ПДК ЛИ. Стоимость этого ЛД была невысокой и не могла

идти ни в какое сравнение со стоимостью серийных ИЛД-2М и ЛДМ-2.

Наступивший в 1990-х годах кризис отечественной науки и техники привел к резкому снижению интереса к такой продукции, как ЛД, связанной с разработкой и широким применением наукоемких лазерных технологий. По этой причине разработка целого спектра различных индивидуальных и пороговых лазерных дозиметров не была доведена до логического конца — до внедрения разработанных ЛД в серийное производство.

2. История развития системы лазерной дозиметрии за последние 15 лет

С целью восстановить выпуск лазерных дозиметров для нужд системы ЛБ во второй половине 1990-х годов в Медико-техническом объединении «Волна» совместно с ВНИИОФИ был разработан ЛД третьего поколения — дозиметр лазерный автоматизированный для контроля уровней импульсного и непрерывного лазерного излучения ЛАДИН (рис. 4). С 1997 г. дозиметр ЛАДИН выпускается на предприятии АК «Туламашзавод». Основные технические характеристики дозиметра приведены в табл. 1. ЛАДИН предназначен для измерения таких же ЭП, как и дозиметр ЛДМ-2, однако имеет дополнительный рабочий спектральный диапазон 1,15–1,8 мкм (далее СПД 1-2). Для работы в СПД 1-2 в состав ЛАДИН введено дополнительное ФПУ 1-2. Возможность работы в СПД 1-2 позволяет проводить ДК ЛИ для ЛИЗ, работающих в средней ИК области спектра, например, для ЛИЗ, использующих полупроводниковые лазерные диоды (ПЛД) с длиной волны $\lambda = 1,54$ мкм.

Эти ПЛД в последнее время широко применяются в различных лазерных устройствах и системах (ЛУС), поскольку ЛИ с $\lambda = 1,54$ мкм безопасно для глаз. Соответствующие ЛУС обозначаются термином «eye safety» («безопасные для глаз»).

В отличие от ЛДМ-2 дозиметр ЛАДИН имеет значительно более широкий спектр рабочей длины волн и снабжен устройством автоматического вычисления значений ПДУ с учетом значения рабочей



Рис. 4. Автоматизированный лазерный дозиметр ЛАДИН

длины волны ЛИ и реального измеренного времени воздействия излучения. Дозиметр ЛАДИН предназначен для использования в основном органами Роспотребнадзора и службами Государственного надзора и контроля Ростехрегулирования.

В 2001 г. сотрудником Института атомной энергии им. И. В. Курчатова П. А. Кузнецовым при поддержке компании «Октава +» был разработан лазерный дозиметр ЛД-4, опытные образцы которого были переданы ФГУП ВНИИОФИ для проведения государственных испытаний с целью утверждения типа средства измерений. В результате положительных результатов испытаний дозиметр ЛД-4 был включен в Государственный реестр средств измерений, и началось его мелкосерийное производство на базе компании «Октава +». ЛД-4 (рис. 5) прост в эксплуатации, портативный, работает от комплекта встроенных источников питания (батареек напряжением 9 В). Основные технические характеристики дозиметра приведены в табл. 1. Схемотехническое решение ЛД-4 защищено авторским свидетельством [13].

Меньший набор измеряемых параметров ЛИ, чем у дозиметра ЛАДИН и, соответственно, простота эксплуатации не требуют от оператора, работающего с ЛД-4, достаточно высокой квалификации. Поэтому ЛД-4 не только предназначен для применения квалифицированными сотрудниками Роспотребнадзора и Ростехрегулирования, выполняющими контролирующую функцию за соблюдением требований ЛБ, но и может штатно применяться непосредственно на рабочих местах операторов ЛУ повышенной мощности. В соответствии с требованием 6.12 «Санитарных норм и правил устройства и эксплуатации лазеров» СН 5804-91 (далее СН) РМО, на которых применяются наиболее опасные лазеры III, IV классов опасности, должны быть оснащены дозиметрической аппаратурой. Для выполнения этого требования более всего подходит лазерный дозиметр ЛД-4, не имеющий избыточных функциональных возможностей.

В 2002 г. по ТЗ ВНИИОФИ в компании «Октава+» был разработан высокоточный лазерный дозиметр ЛД-4Э (рис. 6), который был аттестован ВНИИОФИ



Рис. 5. Лазерный дозиметр ЛД-4 в рабочем положении для проведения предупредительного дозиметрического контроля



Рис. 6. Лазерный дозиметр ЛД-4Э

Таблица 1

Основные технические характеристики лазерных дозиметров ЛАДИН, ЛД-4 и ЛД-4Э

Наименование характеристики	ЛАДИН	ЛД-4	ЛД-4Э
Спектральные диапазоны, мкм			
СПД 1	0,49–1,15	0,49–1,15	0,49–1,15
СПД 1–2	1,15–1,8	–	–
СПД 2	2,0–11,0	2,0–11,0	2,0–11,0
Рабочие длины волн, мкм			
СПД 1	0,53; 0,63; 0,67; 0,69; 0,78; 0,85; 0,92; 0,98; 1,06; 1,15	0,53; 0,63; 0,69; 0,89; 1,06	0,53; 0,63; 0,69; 0,89; 1,06
СПД 1–2	1,2; 1,54	–	–
СПД 2	10,6	10,6	10,6
Диапазоны измерений облученности от непрерывного ЛИ, Вт/см ²			
СПД 1	10 ⁻⁶ –10 ⁻²	10 ⁻⁶ –2·10 ⁻⁴	10 ⁻⁶ –2·10 ⁻³
СПД 1–2	10 ⁻⁵ –10 ⁻¹	–	–
СПД 2	10 ⁻³ –1,0	10 ⁻⁴ –2·10 ⁻²	10 ⁻⁴ –2·10 ⁻¹
Диапазоны измерений энергетической экспозиции от импульсного ЛИ, Дж/см ²			
СПД 1	10 ⁻⁸ –10 ⁻⁴	10 ⁻⁸ –2·10 ⁻⁶	10 ⁻⁸ –2·10 ⁻⁵
СПД 1–2	10 ⁻⁷ –10 ⁻³	–	–
СПД 2	10 ⁻⁵ –10 ⁻¹	10 ⁻⁵ –2·10 ⁻³	10 ⁻⁵ –2·10 ⁻²
Диапазоны измерений суммарной энергетической экспозиции, Дж/см ²			
СПД 1	10 ⁻⁷ –10 ⁴	–	–
СПД 1–2	10 ⁻⁷ –10 ⁴	–	–
СПД 2	10 ⁻³ –10 ⁴	–	–
Пределы допускаемой основной погрешности измерений, %			
СПД 1	±15	±15	±6
СПД 1–2	±18	–	–
СПД 2	±20	±10	±10
Диапазоны длительности импульсов ЛИ, с			
	10 ⁻⁸ –10 ⁻²	10 ⁻⁸ –5·10 ⁻³	10 ⁻⁸ –5·10 ⁻³

как рабочий эталон (РЭ) 2-го разряда. ЛД-4Э предназначается в основном для поставок организациям Росстандарта с целью обеспечения проведения испытаний и поверок лазерных дозиметров различных типов. Конструктивно ЛД-4Э является полным аналогом дозиметра ЛД-4. Технические характеристики дозиметра ЛД-4Э приведены в табл. 1.

В дозиметре ЛД-4Э используется более сложная электронная схема, чем в дозиметре ЛД-4, что позволило значительно расширить динамический диапазон измерений ЭП ЛИ в сторону верхних значений (см. табл. 1). Это позволило обеспечить передачу единиц измерений этих параметров ($\text{Вт}/\text{см}^2$, $\text{Дж}/\text{см}^2$) дозиметру ЛД-4Э непосредственно от РЭ энергии импульсного ЛИ (РЭЭИ) и РЭ средней мощности непрерывного ЛИ (РЭСМ), находящихся во ВНИИОФИ.

В 2012 г. в компании «НГМ-Защита» завершена разработка нового лазерного дозиметра ЛД-07 [15] (рис. 7), который успешно прошел испытания с целью утверждения типа средства измерений и был включен в Государственный реестр. Технические характеристики дозиметра ЛД-07 приведены в табл. 2.

Конструктивной особенностью ЛД-07, выгодно отличающей его от других ЛД, является наличие прицельного («пилотного») встроенного в ФПУ лазерного излучателя с пучком излучения красного цвета (рис. 7). Кроме того в этом дозиметре вместо кабельной связи между ФПУ и блоком регистрации и индикации (БРИ) применена связь по радиоканалу с помощью системы «bluetooth». Наличие радиоканала связи позволяет проводить дозиметрический контроль при значительном удалении точки размещения ФПУ от точки размещения БРИ. Однако связь между ФПУ и БРИ по радиоканалу понижает помехозащищенность дозиметра при проведении ДК ЛИ для мощных импульсных лазерных систем. Эксплуатация таких систем всегда сопровождается мощными импульсными электромагнитными помехами, которые могут повлиять на радиоканал связи и исказить передаваемую информацию.



Рис. 7. Лазерный дозиметр ЛД-07

В последние десять лет появились новые нормативные документы в области лазерной дозиметрии. Для стандартизации методов поверки ЛД различных типов и уменьшения погрешности при передаче размеров единиц измерения в 2002 г. во ВНИИОФИ были разработаны «Рекомендации по метрологии. ГСИ. Дозиметры лазерные. Методика поверки» Р 50.2.025–2002 [18]. В этом документе регламентированы две схемы установок для поверки ЛД на длине волн $\lambda = 0,63$ мкм и $\lambda = 10,6$ мкм. В установке, использующей лазер с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм, для передачи размера единицы измерения облученности ($\text{Вт}/\text{см}^2$) в качестве РЭ 2-го разряда применяется пироэлектрический цифровой ваттметр ПВЦ-2, для передачи размера единицы измерения энергетической экспозиции ($\text{Дж}/\text{см}^2$) в качестве РЭ 2-го разряда применяется ЛД типа ЛД-4Э. Поверочные установки, соответствующие этим схемам, развернуты в ФГУП ВНИИОФИ. Используемые в установках РЭ 2-го разряда ежегодно проходят поверку методом сличения с РЭСМ и РЭЭИ.

В 2012 г. был введен в действие стандарт ГОСТ Р 12.1.031–2010 [4] вместо широко применявшегося до 2012 г. ГОСТ 12.1.031–81. В ГОСТ Р-1 [4] использованы основные положения ГОСТ 12.1.031 в части

Таблица 2

Основные технические характеристики лазерного дозиметра ЛД-07 [17]

Спектральный диапазон, мкм	
диапазон 1	0,4 ÷ 1,0
диапазон 2	1,0 ÷ 20
Рабочие длины волн лазерного излучения, мкм	
в диапазоне 1	0,48; 0,53; 0,63; 0,69; 0,78; 0,85; 0,91; 0,98
в диапазоне 2	1,06; 1,15; 1,3; 1,54; 5,5; 10,6
Диапазоны измерений облученности от непрерывного лазерного излучения, $\text{Вт}/\text{см}^2$	
в спектральном диапазоне 1	$10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-2}$
в спектральном диапазоне 2	$10^{-4} \div 1$
Диапазоны измерений энергетической экспозиции от импульсного лазерного излучения, $\text{Дж}/\text{см}^2$	
в спектральном диапазоне 1	$10^{-8} \div 2 \cdot 10^{-3}$
в спектральном диапазоне 2	$10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-1}$
Диапазоны измерений суммарной энергетической экспозиции от лазерного излучения, $\text{Дж}/\text{см}^2$	
в спектральном диапазоне 1	$10^{-8} \div 10^3$
в спектральном диапазоне 2	$10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-1}$
Пределы допускаемых основных погрешностей дозиметра при измерении облученности, %	
на длине волны 0,63 мкм	± 15
в диапазоне 1	± 18
в диапазоне 2	± 15
Пределы допускаемых основных погрешностей дозиметра при измерении энергетической экспозиции, %	
на длине волны 0,63 мкм	± 18
в диапазоне 1	± 20
в диапазоне 2	± 25

технических требований к лазерным дозиметрам и существенно дополнена методическая часть, регламентирующая порядок проведения ДК ЛИ на РМО. ГОСТ Р-1 ориентирован на применение совместно с СН № 5804–91 [16].

Основная цель введения стандарта ГОСТ Р-1: унификация методик проведения ДК ЛИ на РМО. Эта задача решена путем введения общего подхода к определению границ рабочей зоны (ГРЗ) и установлению в пределах ГРЗ границы зоны возможного повреждения глаз (ГЗГ) оператора. В стандарте приведена методика выбора точек контроля, в которых следует размещать лазерный дозиметр таким образом, чтобы выбранная точка контроля совпала с центром входного окна ЛД. На рис. 8 из ГОСТ Р-1 [4] приведена одна из возможных схем выбора точек контроля для случая вертикального падения лазерного пучка (ЛП) на диффузно-отражающую поверхность. Такая ситуация характерна, например, для лазерных технологических установок, предназначенных для обработки различных поверхностей с помощью мощных ЛП. Точка контроля A_1 является точкой пересечения оси зеркальной составляющей диффузно-отраженного ЛИ с ГРЗ, а точка контроля A_2 является точкой пересечения ГЗГ с линией, проходящей через точку падения ЛП на отражающую поверхность и угловую точку верхней кромки экрана 4.

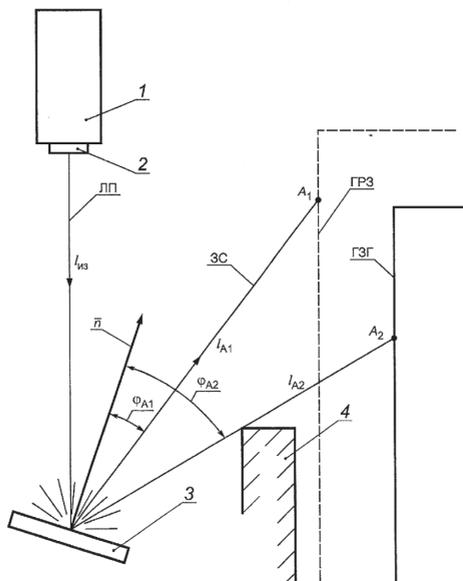


Рис. 8. Схема рабочего места оператора лазерной установки при вертикальном падении лазерного пучка на диффузно-отражающую поверхность: 1 – излучатель ЛУ; 2 – выходное окно излучателя; 3 – диффузно-отражающая поверхность; 4 – защитный экран; ЛП – ось лазерного пучка; ЗС – ось зеркальной составляющей диффузно-отраженного ЛИ; ГРЗ – граница рабочей зоны; ГЗГ – граница возможного повреждения глаз оператора; A_1, A_2 – точки контроля;

3. Перспективы дальнейшего развития системы лазерной дозиметрии

После введения в 2012 г. в действие ГОСТ Р-1 [4] и начала продаж с середины 2013 г. ЛД типа ЛД-07 можно считать, что в России на современном уровне решена задача метрологического обеспечения ЛБ на рабочих местах. Вопросы контроля выполнения требований ЛБ на РМО решены как в нормативно-методической части, так и в части инструментального обеспечения.

Совершенно другая ситуация складывается в области лазерной дозиметрии на открытых пространствах (ЛДОЗ ОТП) или дозиметрии лазерных пучков на больших дистанциях. Данному сегменту ЛДОЗ до последнего времени не уделялось надлежащего внимания, поскольку существующие правила техники безопасности (ТБ) на РМО рассматривают попадание прямого или зеркально-отраженного ЛП в зону возможного нахождения оператора как грубое нарушение правил ТБ. При правильной организации РМО воздействие на людей лазерных пучков практически исключено и проведение контроля в полях излучения ЛП для РМО практически не требуется.

Однако в последние годы лазерные пучки все чаще используются людьми на открытых пространствах и отнюдь не всегда с научной или технически полезной целью [2, 15]. В последнее время в пользовании отдельных граждан появились мощные ЛИЗ, например, лазерные целеуказатели (ЛЦУ), называемые в обиходе «лазерными указками», мощность излучения которых достигает сотен милливольт. Бесконтрольное использование населением подобных ЛИЗ превращает ЛИ в опасный и вредный антропогенный физический фактор окружающей среды. В течение последних двух лет из СМИ периодически поступает информация о применении «лазерных указок» для облучения пилотов самолетов, водителей автотранспорта и машинистов поездов, что чревато катастрофическими последствиями для всех участников движения. В СМИ получил распространение термин «лазерное хулиганство». Поступает информация о неправомерных действиях «лазерных хулиганов» на спортивных мероприятиях и во время уличных беспорядков, что может привести не только к временному ослеплению, но и повреждению глаз футболистов или полицейских. Такие действия людей во многих случаях действительно можно квалифицировать как уголовное хулиганство, предусмотренное п. «а» части 1 ст. 213 УК РФ. Однако для правового противодействия лазерной угрозе с помощью юридических санкций в случае каких-либо действий с применением ЛИЗ, угрожающих общественному порядку, необходимо доказать, что ЛИ действительно создавало повышенную опасность для здоровья людей. Естественно, для этого необходимо привлекать существующие

НД ЛБ, регламентирующие правила безопасного применения лазерной техники.

В последние годы разработаны методы теоретической лазерной дозиметрии, позволяющие проводить расчетную оценку степени опасности и ослепляющего действия лазерных пучков *на открытых пространствах*. Летом 2013 г. вышло распоряжение правительства РФ № 1305-р от 24.07.2013, которое устанавливает план мероприятий («дорожную карту») «Развитие оптоэлектронных технологий (фотоники)». В разделе IV этого распоряжения предусматривается *разработка технического регламента Таможенного союза по безопасности лазерной продукции* (далее ТР ТС ЛБ). Очевидно, что ТР ТС ЛБ должен содержать требования, обеспечивающие безопасность применения ЛИЗ на ОТП. В [1, 2] показано, что для нормативной поддержки ТР ТС ЛБ необходимо разработать новую систему стандартов по ЛБ, среди которых должен быть стандарт с названием «Лазерная безопасность. Расчетные и инструментальные методы лазерной дозиметрии на открытых пространствах». Для регламентирования расчетных методов должны использоваться формулы, приведенные в упомянутой выше работе, а методы дозиметрического контроля ЛИ на открытых пространствах (ДК ЛИ ОТП) еще предстоит разработать.

Очевидно, что существующие лазерные дозиметры, предназначенные для проведения дозиметрического контроля ЛИ на РМО, вполне могут применяться и для измерения параметров ЛИ в лазерных пучках на больших дистанциях. Однако эти ЛД не предназначены для измерений при отсутствии некоторой предварительной информации об источнике лазерного излучения. В частности, необходимо заранее знать длину волны и режим генерации ЛИ, чтобы правильно подготовить ЛД к проведению измерений. В условиях несанкционированного облучения лазерными пучками некоторой контролируемой области пространства отсутствует предварительная информация об источнике потенциальной опасности, т.е. не известны ни длина волны ЛИ, ни вид ЛИ (непрерывное или импульсное), ни местонахождение источника ЛИ. Именно на такие условия работы должны быть рассчитаны лазерные дозиметры, предназначенные для ДК ЛИ ОТП.

Таким образом, одним из главных аспектов разработки методов ДК ЛИ ОТП является решение задачи *автоматической идентификации удаленных ЛИЗ* как по характеристикам генерируемого излучения, так и по месту нахождения ЛИЗ. Другими словами, *лазерные дозиметры, предназначенные для ДК ЛИ ОТП, должны иметь соответствующие конструктивные и схемотехнические решения, а также соответствующее программное обеспечение, позволяющие идентифицировать источник ЛИ.*

В стандарте ГОСТ 12.1.031–81, прекратившем свое действие в 2012 г. в связи с введением ГОСТ Р-1 [4], имелся раздел, устанавливающий методы дозиметрического контроля ЛИ с неизвестными параметрами. Новый стандарт ГОСТ Р-1 целиком ориентирован на решение задач ЛДОЗ на РМО, т.е. на методы измерений в условиях, когда технические характеристики контролируемого ЛИЗ, а тем более его местонахождение, заранее известны. Авторы стандарта ГОСТ Р-1 в период его разработки в 2008–2010 гг. не имели информации о нарастающей волне несанкционированного применения лазеров на ОТП и, как теперь выясняется, поступили недальновидно, исключив из стандарта требования к методам ДК ЛИ с неизвестными параметрами. Через три года после утверждения ГОСТ Р-1 вопрос контроля излучений от неизвестных источников стал крайне актуальным. В настоящее время необходимо вернуться к вопросу регламентирования инструментальных методов оценки степени опасности ЛИ от неизвестных ЛИЗ на открытых пространствах с одновременной идентификацией источников ЛИ. Указанное регламентирование должно быть реализовано в форме нового стандарта по методам ЛДОЗ ОТП и ДК ЛИ ОТП.

Рассмотрим вопрос регламентирования повышенных эксплуатационных требований к ЛД, предназначенным для ДК ЛИ ОТП. В стандарте ГОСТ Р-1 [4] указано: «Условия эксплуатации дозиметров должны соответствовать условиям эксплуатации средств измерений 3 группы по ГОСТ 24469». Поясним, что 3 группа по ГОСТ 24469–80 «Средства измерений параметров лазерного излучения. Общие технические требования» является самой жесткой по рабочему диапазону температур окружающего воздуха и максимальному значению влажности. В настоящее время на различных интернет-сайтах, имеющих информационный ресурс по отечественной нормативной базе (стандарты, санитарные нормы и т.п.), указано, что ГОСТ 24469–80 «утратил силу в РФ» с января 2009 г. На некоторых сайтах дополнительно дается рекомендация «на территории РФ пользоваться ГОСТ Р ИСО 11554–2008» вместо ГОСТ 24469. В [2] мы отмечали, что объектом стандартизации ГОСТ Р ИСО 11554 [16] является лазерная продукция, предназначенная для экспорта, потому этот стандарт формально нельзя применять при разработке ЛД, предназначенных для использования на территории РФ. Более того, в стандарте [16] вообще отсутствуют какие-либо требования к «средствам измерений параметров лазерного излучения» и его нельзя считать эквивалентным стандарту ГОСТ 24469. Возникает вопрос, каким же образом выполнять сегодня требования ГОСТ Р-1 [4]?

В результате более внимательного поиска мы обнаружили информационный сайт, на котором приве-

дены следующие данные по ГОСТ 24469–80: «Статус документа: утратил силу в РФ. Дата последнего изменения: 22.05.2013. Поправки и изменения: Изменение к ГОСТ 24469–80. Утратил силу в РФ (2009-01-01) — «Срок действия продлен». Таким образом разобраться в вопросе, какова все же судьба ГОСТ 24469, в настоящее время довольно сложно. Кому и зачем понадобилось вносить изменения в мае 2013 г. в ранее отмененный ГОСТ? Мы склоняемся к мнению, что, судя по формулировке «поправок и изменений», этот стандарт не действовал на территории РФ с января 2009 г., однако в мае 2013 г. было принято решение возобновить его действие путем продления срока действия. По-видимому, чиновники Росстандарта поняли, что заменить ГОСТ 24469–80 практически нечем, и действие старого стандарта было продлено. Мы видим очередной пример недальновидного подхода к отечественной нормативной базе, когда осуществляются попытки безосновательной замены вполне эффективных отечественных ГОСТов на западные стандарты, о чем мы уже неоднократно писали [1, 2].

Возвращаясь к вопросу о необходимости разработки новых ЛД для проведения ДК ЛИ ОТП, следует установить общие требования к ЛД.

- Лазерные дозиметры, предназначенные для работы на ОТП, должны быть устойчивы к воздействию внешних влияющих факторов по наиболее жесткой градации, предусмотренной в ГОСТ 24469.
- Лазерные дозиметры, предназначенные для ДК ЛИ ОТП, должны автоматически определять коэффициенты степени опасности ЛИ от неизвестных ЛИЗ на ОТП с *одновременной идентификацией источников ЛИ*.

Мы не знаем с технической стороны условия на лазерный дозиметр ЛД-07 и не имеем информации о проведении их испытаний на соответствие требованиям ГОСТ 24469. Однако в любом случае следует помнить, что ЛД-07 является сейчас наиболее перспективным прибором, неизбежно придется ориентироваться на этот ЛД при разработке новых нормативно-методических документов по ЛДОЗ ОТП и новых модификаций ЛД. При этом ЛД-07 и его модификации для применения в полевых условиях должны соответствовать требованиям ГОСТ 24469 в части устойчивости к климатическим и механическим воздействиям, а также удовлетворять требованиям существующих НД по электромагнитной совместимости в части помехоустойчивости радиоканала связи.

По каналу ТВ «Россия-1» 14 ноября 2013 г. был показан репортаж с армейского полигона, на котором проводились учебные стрельбы с применением лазерных имитаторов стрельбы (ЛИМС): один солдат

вооружен автоматом с подствольным ЛИМС, а другой экипирован так, чтобы служить мишенью для первого стрелка. На корпусе этой «живой мишени» были закреплены несколько ФПУ и, что самое интересное — несколько ФПУ были закреплены на его каске. Отвечая на вопрос корреспондента, этот солдат-«мишень» сказал, что «когда лазерный выстрел попадает в голову, раздается сигнал» и фиксируется удачное попадание в цель. Подобная методика отработки навыков стрельбы вызывает серьезные вопросы у специалистов по ЛБ, главный из которых: рассчитал ли кто-нибудь из специалистов — авторов методики обучения — расстояние до границы лазероопасной зоны для используемого ЛИМС? Программой учебных стрельб для спецподразделений предусмотрено проведение имитаций взаимного огневого контакта боевых групп на сравнительно коротких дистанциях. Для этого варианта учений противостоящие стороны экипируются одинаково, и проводится фиксация попаданий для каждой группы.

Мы знакомы с подобными методиками и ЛИМС типа ИС, выпускаемыми Новосибирским приборостроительным заводом (НПЗ) [17]. ИС различных модификаций входят в комплект изделия 9Ф838 «Лазерный имитатор стрельбы и поражения» и, в зависимости от модификации, предназначены для размещения на различных типах стрелкового оружия (автоматы АКМ, АК-74; пулеметы РПК, РПК-74, ПКМ; винтовка СВД; гранатометы РПГ-7, РПГ-26, РПГ-27).

Аналогичные по назначению ЛИМС типа ЛТ 310 ПМ и ЛТ 330 ПМ выпускает ООО НТЦ «Лазерные технологии» (г. Новосибирск). В соответствии с Руководством по эксплуатации [18] эти ЛИМС предназначены для обучения навыкам ведения прицельной, интуитивной и скоростной стрельбы из штатного и учебного стрелкового оружия». Эти ЛИМС работают в импульсном режиме либо на длине волны $\lambda = 0,65$ мкм (на мишени видны вспышки красного цвета), либо на $\lambda = 0,78$ мкм (ЛИ глазом не воспринимается; модификация обозначается термином «невидимка»).

Технические характеристики ЛТ 310 ПМ и ЛТ 330 ПМ приведены в табл. 3. К сожалению, характеристики ЛИ для ЛИМС типа ИС в [17] и в других известных нам источниках не приводятся. В табл. 3 мы привели предполагаемые значения некоторых параметров излучения для ЛИМС типа ИС, основанные на аналогии с ЛТ 330 ПМ. Мощность излучения $P_{ИС}$ рассчитывалась по формуле

$$P_{ИС} = P_{ЛТ} \frac{Z_{ИС}^2}{Z_{ЛТ}^2},$$

где $Z_{ИС}$, $Z_{ЛТ}$ — наибольшая дальность имитационной стрельбы, приведенная в табл. 3 по данным [17] (для ИС) и [18] (для ЛТ 310 ПМ и ЛТ 330 ПМ). Заметим,

что применение этой формулы допустимо в том случае, если оба предприятия, выпускающие ЛИМС, определяют дальность имитационной стрельбы по одинаковым критериям.

В табл. 3 приведены также значения $Z_{ЛОЗ}$ рассчитанные по формулам, приведенным в упомянутой выше публикации, находящейся в печати. В расчетах использовано значение ПДУ по СН для случая хронического воздействия ЛИ. Применение «хронических» нормативов предусмотрено в СН для случаев применения лазеров в театральнo-зрелищных мероприятиях (ТЗМ). Заметим, что для ТЗМ вероятность случайного облучения людей крайне невелика, в то время как для полигонных «перестрелок» она практически равна 100% (ведь солдат специально стремится поразить голову «противника»). Следует также учитывать, что «живая мишень» в ходе учений может неоднократно попадать под «лазерный выстрел».

Из табл. 3 следует, что излучение рассматриваемых ЛИМС опасно для глаз на достаточно больших расстояниях. При этом следует заметить, что в [18] все-таки имеются запретительные пункты: «Не допускается смотреть навстречу лазерному излучению» и «запрещается направлять излучение в глаз человека», т.е. ЛТ 310 ПМ и ЛТ 330 ПМ не предназначены для стрельбы по «живым мишеням». Естественно, ЛИМС типа ИС, имеющие, по-видимому, значительно большую мощность излучения, также не должны применяться для облучения людей. Заметим, что все

вышесказанное будет несущественным, если используемая в этих ЛИМС длина волны ЛИ равна 1,54 мкм.

Офицеры, руководившие стрельбами, возможно, и знают о наличии лазерной опасности, но вряд ли осведомлены о расстоянии $Z_{ЛОЗ}$. В показанной в репортаже методике отработки меткости стрельбы всегда существует вероятность, что солдат-«мишень» окажется на «линии огня» на расстоянии меньше $Z_{ЛОЗ}$. По нашему мнению, подобных методик, основанных на умышленном облучении глаз человека лазерным пучком, вообще не должно существовать даже при условии использования стрелками защитных очков. В пылу учебного боя солдат, не имеющих ни малейшего представления о лазерной опасности, всегда может снять очки, доставляющие ему определенные неудобства. Кстати, в комментариях полковника, наблюдавшего за учениями, с большой гордостью отмечалось, что скоро будут развернуты четыре учебных центра, оснащенных «инновационными устройствами обучения» стрелков. К этому журналист добавил, что на оснащение таких центров планируется потратить многие миллионы рублей. Совершенно очевидно, что нужно провести официальную санитарно-гигиеническую оценку применения ЛИМС типа ИС при обучении личного состава.

Подобные «лазерные перестрелки» в последнее время все чаще разыгрываются и в сугубо гражданской отрасли развлечений. Уже несколько лет практикуется аттракцион под названием «лазертаг», заменивший вполне безобидный пейнтбол. Следует заметить, что на многочисленных фотографиях, размещенных на рекламных сайтах организаторами «стрелковых» аттракционов, участники «перестрелок» показаны без защитных очков. О наличии лазерной опасности для глаз на этих сайтах ничего не упоминается, чтобы не спугнуть потенциального потребителя такой сомнительной развлекательной услуги.

Приведенные примеры показывают, что сегодня отмечается нарастающая тенденция широко применять как в оборонной, так и в гражданской сфере ЛИЗ, работающие на открытых пространствах. Это, в свою очередь, подтверждает возрастающую актуальность разработки новых нормативно-методических документов и новых типов ЛД, позволяющих проводить постоянный контроль за соблюдением требований ЛБ на ОТП.

На новом этапе совершенствования нормативной и инструментальной базы лазерной дозиметрии необходимо найти эффективные ответы на вызовы, связанные с нарастающей угрозой для здоровья людей из-за неизбежного расширения областей применения лазеров на ОТП и роста числа примеров несанкционированного применения гражданами мощных лазерных изделий на открытых пространствах.

Таблица 3

Технические характеристики и значения расстояний от ЛИЗ до границ лазерноопасных зон $Z_{ЛОЗ}$ для различных типов ЛИМС

Тип ЛИМС, тип оружия	Дальность имитационной стрельбы, м	Длина волны, мкм	Мощность ЛИ, мВт	Длительность импульса, мс	$Z_{ЛОЗ}$, м
ИС 1, автомат АКМ	50–700	0,91**	50	50**	580
ИС 2, автомат АК-74	50–700	0,91**	50	50**	580
ИС 5, винтовка СВД	50–1000	0,91**	100	50**	820
ЛТ 310 ПМ*	2–100	0,65	1	90	62
ЛТ 310 ПМ (невидимка)*	2–100	0,78	1	90	77
ЛТ 330 ПМ*	2–100	0,65	1	120	62
ЛТ 330 ПМ (невидимка)*	2–100	0,78	1	120	77

* Оружие: пистолет ПМ, пистолет-пулемет «Клин», автомат АК-74, винтовка СВД.

**Предполагаемое значение.

Примечание. При расчетах $Z_{ЛОЗ}$ принимали, что угол расходимости лазерного пучка 10^{-3} рад, а диаметр пучка на выходе ЛИМС 6 мм; $P_{ПДУ} = 0,01$ мВт для $\lambda = 0,65$ мкм и $P_{ПДУ} = 0,014$ мВт для $\lambda = 0,78$ и $0,91$ мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т. Нормативное и правовое регулирование безопасного применения лазерной техники // Безопасность в техносфере. 2013 г. № 3. С. 60–69.
2. Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т. К 30-летию системы лазерной безопасности в России. Современные проблемы в области нормативного и правового регулирования безопасного применения лазерной аппаратуры // Лазер-Информ. 2013, сентябрь. Вып. № 17, 18.
3. Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. — М.: Сов. Радио, 1972. — 216 с.
4. Кириллов А.И., Морсков В.Ф., Устинов Н.Д. Дозиметрия лазерного излучения / Под ред. Н.Д. Устинова. — М.: Радио и связь, 1983. — 192 с.
5. Дозиметрия лазерного излучения. Сб. научных трудов / Под ред. Б.М. Степанова. — М.: Изд-во ВНИИФТРИ, 1984. — 90 с.
6. Кибовский В.Т., Клычев Ф.Х., Рубин Ш.А. Универсальный лазерный дозиметр ИЛД-2 // Дозиметрия лазерного излучения». Сб. научных трудов / Под ред. Б.М. Степанова. — М.: Изд-во ВНИИФТРИ, 1984. — С. 40–51.
7. Кибовский В.Т., Рахманов Б.Н. Лазерное излучение. «Метрологическое обеспечение безопасности труда». Справочник в 2-х т. Колл. авт. / Под ред. И.Х. Сологына. Т. 1. «Измеряемые параметры физических опасных и вредных производственных факторов». — М.: Изд-во стандартов, 1988. — С. 144–171.
8. Кибовский В.Т. Устройство для измерения энергетических параметров световых импульсов. Авт. св. №533832 от 07.07.1976.
9. Гребенщиков И.И., Кибовский В.Т. Измерение энергии повторяющихся импульсов излучения методом интегрирования с автосинхронизацией // Импульсная фотометрия. Сб. статей. Вып. 5. — Л.: Машиностроение, 1978. — С. 89–93.
10. Кибовский В.Т., Клычев Ф.Х., Кухтевич В.И., Рубин Ш.А. Измерение энергии импульсов оптического излучения в широком диапазоне длительностей и частот повторения // Измерительная техника. 1981. № 3. — С. 32–34.
11. Кармолин А.Л., Кибовский В.Т., Рахманов Б.Н. и др. Многоцелевой лазерный дозиметр. Авт. св. №1571813 от 15.02.1990.
12. Приборы дозиметрического контроля лазерного и ультрафиолетового излучения. Каталог. — М: Московский НИИ охраны труда, НТП «Лидар», 1994. — 26 с.
13. Кибовский В.Т., Кузнецов П.А., Рахманов Б.Н. Лазерный дозиметр. Авт. св. №1141846 от 22.10.1984.
14. Лазерный дозиметр ЛД-07. Сайт «Приборостроительная компания НТМ-ЗАЩИТА». 2013.
15. Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т. Противодействие нарастанию лазерной угрозы безопасности жизнедеятельности методами лазерной дозиметрии на открытых пространствах // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 8. — С. 41–47.
16. ГОСТ Р ИСО 11554 – 2008. Оптика и фотоника. Лазеры и лазерные установки (системы). Методы испытаний лазеров и измерений мощности, энергии и временных характеристик лазерного пучка.
17. Ф838. Лазерный имитатор стрельбы и поражения. Сайт «Новосибирский приборостроительный завод».
18. Лазерный стрелковый тренажер «Рубин». Руководство по эксплуатации ЛТАС 433784 001 РЭ. ЛТ-310ПМ, ЛТ-330ПМ, ЛТ-310ПМ (невидимка), ЛТ-330ПМ (невидимка). ООО НТЦ «Лазерные технологии», г. Новосибирск, 2008.

Metrological Ensuring of Laser Safety

B.N. Rakhmanov, Doctor of Engineering, Professor, Bauman Moscow State Technical University

V.T. Kibovsky, expert, Center for Assessment of Compliance and Confirmation of Quality related to Equipment, Products and Technologies ANO "AtomTechnoTest"

Questions of historical development and current state in the area of metrological support related to laser safety system in Russia have been considered. A review of main metrological normative documents in the area of laser dosimetry has been performed. Technical characteristics of modern laser dosimeters have been presented. A need of development of new perspective methods related to laser dosimetry on open spaces has been shown.

Keywords: laser safety, laser dosimetry, laser dosimeters, dosimetric control methods, open spaces.

В Минобрнауки России

Заместитель министра образования и науки Российской Федерации Людмила Огородова заявила, что стратегия развития науки в России включает несколько направлений работ. В их число входит проведение мониторинга результативности институтов и регулирование аттестации научно-педагогических кадров. «Мы запускаем электронную информационно-аналитическую систему, которая позволит нам выстроить процесс аттестации и получения документов», — рассказала Людмила Огородова. — Это будет интернет-поле для людей, которые будут в этот процесс вовлечены, для будущих кандидатов, докторов наук и для руководителей организаций и диссертационных советов, которые смогут в любой момент посмотреть, как работает Диссертационный Совет». Заместитель министра заверила, что информационно-аналитическая система позволит оптимизировать процесс аттестации научно-педагогических кадров.