

Благодарности. Коллектив авторов благодарит Ф.В. Кармазинова, Е.Д. Нефедову, А.А. Павлова, Ч.А. Дзиминскаса за содействие и поддержку, любезно оказанные при подготовке данной статьи, а также всех сотрудников Управления Роспотребнадзора по Санкт-Петербургу и Нижегородской области.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Финансовый интерес в отношении маркетинга описываемого медицинского оборудования, методики, лекарства и т.п. (сотрудник компании-производителя).

Литература (п. 1, 2, 7 см. References)

- Сергеев В.И., Трясолобова М.А., Кудряватых Е.В., Кузовникова Е.Ж. Частота обнаружения непوليوмиелитных энтеровирусов в хозяйственно-фекальных стоках, воде и некоторых пищевых продуктах. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (6): 525–8.
- Перескокова М.А., Резник В.И., Исаева Н.В., Скопинков И.В., Шмелева В.А., Савосина Л.В. Характеристика сточных вод как индикатора циркуляции вирусов среди населения. *Дальневосточный журнал инфекционной патологии*. 2006; (8): 75–80.
- Кудрявцев Н.Н., Костюченко С.В., Зайцева С.Г. и др. Схемы применения ультрафиолетового обеззараживания в системах питьевого водоснабжения. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2008; (4): 23–7.
- Тулская Е.А., Рахманин Ю.А., Жолдакова З.И. Обоснование показателей безопасности для контроля за применением химических средств обеззараживания воды и необходимости гармонизации их с международными требованиями. *Гигиена и санитария*. 2012; (6): 88–91.
- Романенко Н.А., Новосильцев Г.И., Недачин А.Е. и др. УФ-излучение и его воздействие на вирусы и цисты простейших. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2001; (12): 13–6.
- Кармазинов Ф.В., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Храменков С.В. (ред.). *Ультрафиолетовые технологии в современном мире*. Долгопрудный: Интеллект; 2012.
- Кинебас А.К. Внедрение обеззараживания воды гипохлоритом натрия и ультрафиолетовым облучением в системах водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2005; (12, ч. 1): 16–20.
- Жебрун А.Б., Малышев В.В., Кафтырова Л.А. и др. Обеспечение эпидемиологической безопасности питьевой воды Санкт-Петербурга. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2007; (7, ч. 2): 9–12.
- Павлов А.А., Дзиминскас Ч.А., Костюченко С.В. и др. Современные технологии подготовки питьевой воды на Слудинской водопроводной станции Нижнего Новгорода. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2010; (1): 10–6.

References

- Technical guidance on water-related disease surveillance. Ed. E. Funari, T. Kistemann, S. Herbst and A. Rechenburg. WHO (World Health Organization); 2011: 7. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/149184/e95620.pdf (01.04.2017)
- Payment P. Diseases associated with drinking water supplies that meet treatment and indicator specifications. In: Grabow W.O.K. (Ed.). *Water and public health. Encyclopedia of life support systems [EOLSS]*. Oxford: Eolss Publishers, 2004.
- Sergevin V.I., Tryasolobova M.A., Kudrevatykh E.V., Kuzovnikova E.Zh. The frequency of detection of non-polio enteroviruses in foul and fecal waste waters, water and some food products. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (6): 525–8. (in Russian)
- Pereskokova M.A., Reznik V.I., Isaeva N.V., Skopinok I.V., Shmeleva V.A., Savosina L.V. Wastewater parameters as the indicator of virus spreading among people. *Dal'nevostochnyy zhurnal infektsionnoy patologii*. 2006; (8): 75–80. (in Russian)
- Kudryavtsev N.N., Kostyuchenko S.V., Zaytseva S.G. Schemes of application of UV disinfection in potable water supply systems. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2008; (4): 23–7. (in Russian)
- Tul'skaya E.A., Rakhmanin Yu.A., Zholdakova Z.I. Justification of both safety indices for control over the use of chemicals for water disinfection and need to harmonize them with international requirements. *Gigiena i sanitariya*. 2012; (6): 88–91. (in Russian)
- Sommer R., Lhotsky M., Haider T., Cabaj A. UV inactivation, liquid-holding recovery, and photoreactivation of *Escherichia coli* O157 and other pathogenic *Escherichia coli* strains in water. *J. Food Prot.* 2000; 63 (8): 1015–20.
- Novosil'tsev G.I., Nedachin A.E., Artem'eva T.Z. et al. UV light and its effect on viruses and protozoan cysts. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2001; (12): 13–6. (in Russian)
- Karamzinov F.V., Kostyuchenko S.V., Kudryavtsev N.N., Khramenkov S.V. (eds). *Ultraviolet technologies in the modern world*. Dolgoprudny: Intellekt, 2012. (in Russian)
- Kinebas A.K. Introduction of water disinfection with sodium hypochlorite and by ultraviolet irradiation into the water supply and water disposal systems of St. Petersburg. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2005; (12, p. 1): 16–20. (in Russian)
- Zhebrun B., Malyshev V.V., Kaftyrova L.A. et al. Ensuring of epidemiological safety of potable water in St. Petersburg. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2007; (7, p. 2): 9–12. (in Russian)
- Pavlov A., Dziminskas Ch.A., Kostyuchenko S.V., Zaytseva S.G. Modern technologies of potable water preparation at the Sludinskaya waterworks of Nizniy Novgorod. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2010; (1): 10–6. (in Russian)

Поступила 10.04.17
Принята к печати 15.05.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.876:621.375.826:006

Рахманов Б.Н.¹, Пальцев Ю.П.², Кибовский В.Т.³

ПРОБЛЕМА ПРОТИВОРЕЧИЙ В НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ ЛАЗЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

¹Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 105005, Москва;

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва;

³Центр по оценке соответствия и подтверждению качества оборудования, изделий и технологий АНО «АтомТехноТест», 123022, Москва

В статье представлена противоречивая ситуация, сложившаяся в сфере государственного регулирования безопасного применения лазерной продукции. Лазерное излучение относится к категории опасных и вредных физических факторов воздействия прежде всего потому, что оно способно нанести непоправимый вред зрительному аппарату человека. Меры государственного регулирования включают в себя разработку и эффективное применение нормативных документов, обеспечивающих лазерную безопасность как в производственной деятельности человека, так и в быту. К началу 1990-х годов в России была в основном разработана нормативная база, основанная на применении показателей безопасности лазерной продукции (ПДУ лазерного излучения и классов опасности лазерных изделий), регламентированных в «Санитарных нормах и правилах устройства и эксплуатации лазеров» № 5804-91 (далее – СН № 5804-91). В последние годы на территории РФ были введены в действие национальные стандарты, идентичные стандартам МЭК серии IEC 60825. Показатели безопасности, регламентированные в этих стандартах, оказались намного мягче, чем аналогичные показатели, регламентированные в СН № 5804-91. Введение в действие стандартов серии IEC 60825 значительно понижает уровень безопасности лазерной техники и ведет к дезориентации отечественного производителя и потребителя лазерной продукции. В данной работе проведен критический анализ показателей лазерной безопасности, регламентированных в стандартах серии IEC 60825, и оценена правомерность введения таких стандартов на территории РФ. Предложены меры по разрешению проблемы противоречий в отечественной нормативной базе лазерной безопасности как путем совершенствования санитарно-гиги-

нических нормативных документов, так и посредством разработки серии национальных стандартов, гармонизированных с санитарно-гигиеническими документами по безопасности лазерной продукции.

Ключевые слова: лазерное излучение; лазерная безопасность; лазерная продукция; нормативная база; стандарты; показатели безопасности; классы опасности; проблема противоречий.

Для цитирования: Рахманов Б.Н., Пальцев Ю.П., Кибовский В.Т. Проблема противоречий в нормативной базе лазерной безопасности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 535-540. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-6-535-540>

Rakhmanov B. N.¹, Paltsev J. P.², Kibovskiy V. T.³

THE PROBLEM OF CONTRADICTIONS IN THE NORMATIVE BASE OF LASER SAFETY

¹N. Bauman Moscow State Technical University? Moscow, 105005, Russian Federation;

²Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation;

³Center for assessment of conformity and confirmation quality of equipment, products, technologies "AtomTehnoTest", Moscow, 123022, Russian Federation

The wide use of laser technology in various spheres of human activity, especially, observed in recent years the mass distribution of various civil laser products, requires the application of effective measures of the state regulation of the safe use of laser products. Laser radiation is referred to the category of hazardous and harmful physical factors of influence, since it can inflict irreparable harm to the human visual apparatus. Measures of the State regulation include the development and effective application of regulatory documents that provide laser safety both in human production and in everyday life. By the beginning of the 1990s, in Russia there was basically developed a regulatory base, relied upon the application of safety indices for laser products (Maximum permissible levels of laser radiation and hazard classes of laser products), regulated in the "Sanitary norms and rules for the design and operation of lasers" No. 5804 - 91. In recent years, in the territory of the Russian Federation there have been introduced national standards, identical to IEC standards of IEC 60825 series. The safety indices regulated in these standards turned out to be much softer compared to the similar indices specified in SN # 5804 - 91. The introduction of the IEC 60825 series standards significantly reduces the level of the safety of laser technology and leads to the disorientation of the domestic manufacturer and consumer of laser products. In this paper, a critical analysis of laser safety indices, regulated in the standards of the series IEC 60825, was conducted and there was made an assessment of the legality of the introduction of such standards in the territory of the Russian Federation.

Key words: laser radiation; laser safety; laser products; normative base; standards; safety indicators; hazard classes; problem of contradictions.

For citation: Rakhmanov B. N., Paltsev J. P., Kibovskiy V. T. The problem of contradictions in the normative base of laser safety. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(6): 535-540. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-6-535-540>

For correspondence: Boris N. Rakhmanov, MD, PhD, D Sci., professor, Department of Ecology and Industrial Safety of the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation. E-mail: rbn8@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 11 April 2016

Accepted: 04 October 2016

Введение

Лазерная техника на протяжении уже нескольких десятилетий широко применяется в различных сферах деятельности человека. Лазерные изделия (ЛИЗ) заняли свою нишу в современном производстве, в научных исследованиях и практической медицине, в военной области. За последние десять лет лазеры вошли в повседневную жизнь многих людей. Лазерные полупроводниковые диоды используются в современной аудио- и видеоаппаратуре, в персональных компьютерах. В свободной продаже появились различные ЛИЗ гражданского назначения: как маломощные, так и весьма опасные мощные лазерные целеуказатели, называемые в обиходе лазерными указками, прицелы для охотничьего оружия, макеты огнестрельного оружия, дальномеры-рулетки и другие гаджеты с использованием лазерных полупроводниковых диодов.

В области индустрии развлечений появились различные лазерные аттракционы (например, лазерный тир и так называемый лазертаг, заменивший вполне безобидный пейнтбол). Все чаще люди сталкиваются со световыми эффектами с использованием лазерного излучения (ЛИ) при посещении театрально-зрелищных мероприятий и массовых лазерных шоу. Наблюдается значительное увеличение групп населения, контактирующих с ЛИ, которое более 30 лет официально относится в нашей стране к категории опасных и вредных физических факторов.

Для корреспонденции: Рахманов Борис Николаевич, д-р тех. наук, проф. кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва. E-mail: rbn8@yandex.ru

Любые ЛИЗ представляют собой продукцию повышенной опасности, связанной прежде всего со способностью ЛИ, генерируемого в спектральном диапазоне от 380 до 1400 нм, нанести непоправимый ущерб зрительному аппарату человека. Излучение с длинами волн от 380 до 1400 нм проходит через оптические среды глаза и поглощается сетчаткой. При этом ЛИ фокусируется в пятно крайне малого диаметра (5–20 мкм), в котором создается высокая плотность мощности (энергии) излучения, что может привести к повреждению сетчатки. Даже крайне маломощный лазерный пучок, генерируемый в спектральном диапазоне от 380 до 1400 нм, способен повредить сетчатку глаза при небольшой дистанции облучения. Вопросы биологического действия лазерного излучения (БДИ) достаточно подробно рассмотрены [1–5].

В результате многолетних исследований БДИ у нас в стране и за рубежом были разработаны гигиенические нормативы ЛИ (предельно допустимые уровни, ПДУ) [6, 7] и схемы классификации лазерных изделий (СКЛ) по степени потенциальной опасности генерируемого ЛИ. Нормы лазерной безопасности и СКЛ в настоящее время представлены в различных нормативных документах, причем значения ПДУ и параметры СКЛ, установленные за рубежом, значительно отличаются от отечественных в сторону занижения степени опасности ЛИ. Противоречия, возникшие между отечественными и зарубежными параметрами (показателями) безопасности лазерной продукции, рассмотрены в целом ряде публикаций, вышедших в последние годы [8–14].

1. Нормативная база отечественной системы лазерной безопасности

Возможность безопасного применения ЛИ на производстве, в научных исследованиях и медицине обеспечена в нашей стра-

не соответствующей нормативной базой лазерной безопасности (НБ ЛБ), которая состоит из следующих нормативных документов, входящих в область действия государственной системы технического регулирования, предусмотренной Федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (далее – ФЗ № 184):

– ГОСТ 12.1.040-83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения»;

– ГОСТ 31581-2012 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий»;

– ГОСТ Р 12.1.031-2010 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения».

Кроме того, в НБ ЛБ включены следующие базовые санитарно-гигиенические нормативные документы (СГ НД), входящие в область действия Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ (далее – ФЗ № 52):

– СанПин 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» (далее – СН № 5804);

– «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории Таможенного союза» (далее – ЕСГТ).

Заметим, что ПДУ ЛИ и параметры СКЛ, регламентированные в ЕСГТ, введенных в действие в 2010 г., полностью идентичны гигиеническим нормам и параметрам СКЛ, установленным в СН № 5804.

Понятие «лазерная безопасность» было установлено и определено в 1983 г. в ГОСТ 12.1.040-83 и уточнено в 1991 г. в СН № 5804: «Лазерная безопасность – совокупность технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные и безвредные условия труда персонала при использовании лазерных изделий». Эта формулировка в настоящее время нуждается в уточнении, поскольку, как мы показали выше, ЛИЗ используются сегодня не только на производстве. По-видимому, следует применить в приведенной дефиниции более широкое разъяснение цели перечисляемых мероприятий, а именно: «...обеспечивающих безопасные и безвредные для здоровья человека условия применения лазерных изделий».

В НБ ЛБ входят также различные отраслевые и ведомственные нормативные документы, регулирующие вопросы безопасности при применении лазеров в различных областях деятельности. Все они используют показатели безопасности ЛИЗ, регламентированные в СН № 5804. Например, Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» устанавливает гигиеническую классификацию условий труда по показателям вредности и опасности. В разделе «Неионизирующие электромагнитные поля и излучения» этого документа регламентируются «классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное, ультрафиолетовое)». Градация условий труда с источниками ЛИ устанавливается в зависимости от степени превышения на рабочих местах ПДУ, установленных в СН № 5804.

Таким образом, в существующей НБ ЛБ рассматриваются в основном вопросы безопасного применения ЛИЗ на производстве и не регламентируются требования безопасности при применении лазерной продукции гражданского назначения. В связи с широким распространением ЛИЗ, доступных для обычных граждан, актуальным становится вопрос совершенствования НБ ЛБ в части регламентации требований к лазерной продукции с позиции обеспечения ее безопасности для населения.

Остановимся более подробно на СН № 5804. Как мы уже отметили, в этом документе регламентируются ПДУ ЛИ. В соответствии с СН № 5804: «Предельно допустимые уровни лазерного излучения при однократном воздействии – уровни излучения, при воздействии которых существует незначительная вероятность возникновения обратимых отклонений в организме работающего». Заметим, что это определение также нуждается в уточнении: вместо словосочетания «в организме работающего» следует применить словосочетание «в организме человека».

В СН № 5804 для спектрального диапазона от 380 до 1400 нм при длительности воздействия $t \leq 1$ с нормируется ПДУ энергии $W_{\text{ПДУ}}$ (Дж) ЛИ, прошедшего через апертуру диаметром 7 мм, что соответствует среднему диаметру зрачка глаза человека в условиях ночного зрения. При $t > 1$ с нормируется ПДУ мощности $P_{\text{ПДУ}}$ (Вт) ЛИ. Для наиболее опасного для глаз ЛИ, генерируемого в спектральном интервале (СПИ) $380 < \lambda < 600$ нм; для вычисления ПДУ в диапазоне длительностей воздействия $5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1$ с в СН № 5804 регламентирована расчетная формула

$$W_{\text{ПДУ}} = 5,9 \cdot 10^{-5} \sqrt{t^2} \text{ (Дж)}.$$

Для ЛИЗ, работающих в режиме непрерывного излучения в видимом спектральном диапазоне (например, для лазерных указок), принято рассчитывать ПДУ в единицах мощности ЛИ, т. е. определять $P_{\text{ПДУ}}$ по формуле

$$P_{\text{ПДУ}} = W_{\text{ПДУ}}/t \text{ (Вт)},$$

где $t = 0,25$ с – нормативное значение длительности срабатывания защитного мигательного рефлекса человека.

Для ЛИ в СПИ $380 < \lambda < 600$ нм получаем $P_{\text{ПДУ}} = 10^{-4}$ Вт = 0,1 мВт.

В СН № 5804 регламентирована СКЛ, включающая в себя четыре класса ЛИЗ, определения которых даны в следующем извлечении из раздела 4 СН № 5804:

«4.3. К лазерам I класса относят полностью безопасные лазеры, т. е. такие лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.

4.4. Лазеры II класса – это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком; диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.

4.5. К лазерам III класса относятся такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным излучением. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующие излучение в спектральном диапазоне II (диапазон длин волн λ от 380 до 1400 нм. – *Авт.*).

4.6. Четвертый (IV) класс включает такие лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности».

В СН № 5804 и ЕСГТ регламентируются также формулы для вычисления значений классификационных уровней (КУ) выходного излучения ЛИЗ, которые представляют собой уровни мощности (энергии) ЛИ, отделяющие один класс ЛИЗ от другого. В соответствии с приведенной выше дефиницией класса I значение первого КУ ЛИЗ ($P_{\text{КУ1 СН}}$ или $W_{\text{КУ1 СН}}$) равно значению ПДУ, т. е. $P_{\text{КУ1 СН}} = P_{\text{ПДУ}}$ или $W_{\text{КУ1 СН}} = W_{\text{ПДУ}}$. Таким образом, для ЛИЗ, работающих в режиме непрерывного излучения, в видимом СПИ $380 < \lambda < 600$ нм получаем $P_{\text{КУ1 СН}} = 0,1$ мВт.

2. Стандарты МЭК по безопасности лазерной продукции и противоречия в нормативной базе отечественной системы лазерной безопасности

В настоящее время действуют стандарты Международной электротехнической комиссии (МЭК, IEC) по безопасности лазерной продукции серии IEC 60825, возглавляемой стандартом IEC 60825-1:2014 Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements («Безопасность лазерной продукции. Часть 1. Классификация и требования к аппаратуре»). Ниже мы рассмотрим более подробно стандарт IEC 60825-1:2007 (далее – IEC-1), поскольку именно он был положен в основу ГОСТ IEC 60825-1-2013 (далее – ГОСТ IEC-1), действующего в настоящее время на территории России и СНГ.

В IEC-1 для спектрального диапазона от 400 до 1400 нм при $t \leq 10$ с нормируется ПДУ энергетической экспозиции $H_{\text{МРЕ}}$ (Дж/м²) от ЛИ на роговице глаза. При этом базовый норматив лазерной безопасности определяется термином maximum permissible exposure, МРЕ (максимально допустимая экспозиция). При $t > 10$ с нормируется ПДУ (МРЕ) облученности $E_{\text{МРЕ}}$ (Вт/м²) роговицы глаза. В IEC-1 для вычисления ПДУ (МРЕ) в наиболее опасном для глаз СПИ от 400 до 700 нм регламентирована формула

$$H_{\text{МРЕ}} = 18t^{0,75} \dots J \cdot \text{м}^{-2}.$$

Для выражения МРЕ в единицах энергии ЛИ, прошедшего через ограничивающую апертуру диаметром 7 мм, необходимо умножить значение $H_{\text{МРЕ}}$ на площадь этой апертуры (нормированную площадь зрачка в условиях ночного зрения):

$$S_{\text{ЗР}} = 3,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Для ЛИЗ, работающих в режиме непрерывного излучения в СПИ 400–700 нм, применяя формулы:

$$W_{\text{МРЕ}} = H_{\text{МРЕ}} \cdot S_{\text{ЗР}},$$

$$P_{\text{МРЕ}} = W_{\text{МРЕ}}/t, \text{ для } t = 0,25 \text{ с}$$

получаем $P_{\text{МРЕ}} = 1$ мВт. Таким образом, значение $P_{\text{МРЕ}}$ по стандарту ИЕС-1 в 10 раз (!) превышает значение $P_{\text{ИДУ}}$ по СН № 5804 для наиболее опасного для глаз СПИ 400–600 нм. Другими словами, ПДУ ЛИ, регламентированные в базовом стандарте МЭК, являются на порядок более мягкими по сравнению с параметрами, применяемыми в отечественной системе лазерной безопасности.

Основным объектом стандартизации в ИЕС-1 является схема классификации лазерной продукции, включающая в себя формулы для вычисления значений КУ, называемых в ИЕС-1 accessible emission limit (AEL) (предел доступного излучения). СКЛ по ИЕС-1 состоит из семи классов ЛИЗ: 1, 1М, 2, 2М, 3R, 3В, 4. Значение первого КУ (т. е. первого AEL) по ИЕС-1 ($P_{\text{КУ1 ИЕС}}$) равно ПДУ (МРЕ). Для ЛИЗ, работающих в наиболее опасном СПИ 400–600 нм в режиме непрерывного излучения, получаем $P_{\text{КУ1 ИЕС}} = P_{\text{МРЕ}} = 1$ мВт = $10P_{\text{КУ1 СН}}$. Таким образом, значение первого классификационного уровня, ограничивающего сверхдиапазон мощностей ЛИЗ, безопасных для глаз человека, регламентированное в базовом стандарте МЭК, в 10 раз (!) превышает значение КУ1, регламентированное в СГ НД, действующих на территории РФ. Другими словами, порог безопасности ЛИЗ завышен в 10 раз и ЛИЗ, отнесенные к первому классу по ИЕС-1, не могут считаться безопасными.

Ситуация противоречий между базовыми нормативными документами в области лазерной безопасности, действующими в России, и нормативными документами, разработанными в МЭК, существует уже более 25 лет (с июля 1991 г., когда были введены в действие научно обоснованные СН № 5804). Заметим, что при этом наличие противоречий не создавало каких-либо трудностей для отечественных производителей и потребителей лазерной техники. Производители, которые ориентировались на внутренний рынок лазерной продукции, применяли классификацию ЛИЗ в соответствии с СН № 5804, в то время как экспортеры применяли классификацию своих изделий в соответствии с требованиями ИЕС 60825-1. Ситуация начала коренным образом меняться начиная с 2009 г., когда на территории РФ без надлежащих консультаций со специалистами в области промышленной гигиены и безопасности жизнедеятельности Росстандартом были введены первые четыре стандарта МЭК по лазерной безопасности в русском переводе (кстати говоря, крайне неудачном, изобилующем ошибками и неточностями). В настоящее время на территории РФ действуют национальные стандарты, идентичные всем 11 нормативным документам по ЛБ, разработанным в МЭК. Ситуация противоречий между базовыми отечественными и зарубежными нормативными документами в области лазерной безопасности переросла в ситуацию внутренних противоречий, поскольку переводные стандарты МЭК по лазерной безопасности формально следует рассматривать как нормативные документы, относящиеся к отечественной НБ ЛБ. Отечественный производитель лазерной продукции в настоящее время дезориентирован, поскольку так и не понимает, каким же нормативным требованиям безопасности должна соответствовать выпускаемая им продукция.

В 2013 г. в РФ введен в действие стандарт ГОСТа 31581-2012, наименование которого мы привели в разделе 1. Этот стандарт введен взамен действовавшего с 1994 г. ГОСТа Р 50723-94, имевшего наименование, идентичное наименованию ГОСТа 31581-2012. ГОСТ Р 50723-94 неоднократно подвергался критике со стороны специалистов в области лазерной безопасности, в связи с тем что его разработчики скопировали СКЛ с действовавшего

в 90-е годы стандарта МЭК 825-1 (заметим, что формулы для вычисления значений КУ, приведенные в ИЕС-1, не отличаются от формул, использовавшихся в МЭК 825-1). Таким образом, в ГОСТе Р 50723-94 регламентировалась СКЛ, принципиально отличающаяся от рассмотренной выше СКЛ по СН № 5804.

Так, например, в ГОСТе 31581-2012 дано следующее определение класса 3А: «Класс 3А. Лазерные изделия, безопасные для наблюдения незащищенным глазом (здесь и далее в цитируемых текстах мы выделяем курсивом положения, заслуживающие особого внимания. – Авт.). Для лазерных изделий, генерирующих излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм, защита обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания». Вычислим значение $W_{\text{КУ}}$ (Дж) для класса 3А по ГОСТу 31581-2012 для ЛИЗ, генерирующих ЛИ в видимом СПИ. Из таблиц расчетных формул, приведенных в этом стандарте, имеем $W_{\text{КУ3А}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \dots t^{0,75}$ Дж. Для ЛИЗ, работающих в режиме непрерывного излучения, при $t = 0,25$ с получаем: $W_{\text{КУ3А}} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ Дж; $P_{\text{КУ3А}} = W_{\text{КУ3А}}/t = 5$ мВт. Из приведенного выше определения класса 3А следует, что ЛИЗ с мощностью излучения $P \leq 5$ мВт по ГОСТу 31581-2012 так же «безопасны для наблюдения незащищенным глазом», как и ЛИЗ класса 1, хотя мощность ЛИЗ класса 3А может превышать значение КУ1 по ГОСТу 31581-2012 (и по ИЕС-1, где $P_{\text{КУ1 ИЕС}} = 1$ мВт) в 5 раз! Как видим, разработчики ГОСТа 31581-2012 в самом тексте стандарта допустили противоречие, вводящее пользователей в заблуждение. Более того, введение в действие ГОСТа 31581-2012 усугубило проблему противоречий между СГ НД и техническими стандартами в НБ ЛБ, поскольку ГОСТ 31581-2012 в 50 раз занижает степень опасности лазерной продукции. Действительно, как можно считать безопасным для глаз класс ЛИЗ, мощность излучения которых может превышать ПДУ и значение КУ1 по СН № 5804 (0,1 мВт) в 50 раз? Более подробно о проблеме противоречий между СН № 5804 и ГОСТом 31581-2012 см. в работах [14, 15].

Рассмотрим вопрос о правомерности введения серии стандартов по лазерной безопасности, идентичных стандартам серии ИЕС 60825, на территории РФ. Как мы уже отмечали, стандарты, действующие на территории РФ, относятся к области действия ФЗ № 184. Приведем с некоторыми сокращениями извлечения из статьи 1 ФЗ № 184.

«3. Действие настоящего Федерального закона не распространяется на социально-экономические, организационные, санитарно-гигиенические... меры в области охраны труда».

«4. Настоящий Федеральный закон не регулирует отношения, связанные с разработкой, принятием, применением и исполнением санитарно-эпидемиологических требований...»

Регламентирование значений ПДУ любых физических факторов воздействия и требований к классификации продукции по степени ее опасности относится к вопросу «разработки и применения санитарно-эпидемиологических требований» и к «санитарно-гигиеническим мерам в области охраны труда». Стандарт ГОСТа ИЕС-1, являющийся аналогом стандарта ИЕС 60825-1, прямо регламентирует классы лазерной продукции по степени ее опасности и значения ПДУ, на основании которых установлен первый классификационный уровень ЛИЗ. Таким образом, объект стандартизации ГОСТ ИЕС-1 противоречит пунктам 3 и 4 ФЗ № 184.

В ФЗ № 184 имеется статья 11 «Цели стандартизации», в соответствии с которой первоочередной целью является «повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан». Вряд ли можно считать, что ГОСТ ИЕС-1, значительно понижающий уровень безопасности лазерной продукции, отвечает этой первоочередной цели.

Существует Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании (утв. постановлением Правительства РФ от 24.07.2000 № 554), в котором имеется пункт «11. Нормативные правовые акты, касающиеся санитарно-эпидемиологического благополучия населения, принимаемые федеральными органами исполнительной власти, государственные стандарты... не должны противоречить санитарным правилам». Как мы показали выше, ГОСТ ИЕС-1 во многом «противоречит санитарным правилам», регламентированным в СН № 5804, а также противоречит отдельным положениям ФЗ № 184. Однако отсюда отнюдь не следует, что ГОСТ ИЕС-1 должен быть отме-

нен. Вполне достаточно, чтобы область стандартизации ГОСТа ИЕС-1 была ограничена лазерной продукцией, предназначенной для экспорта.

3. Предложения по разрешению проблемы противоречий в нормативной базе лазерной безопасности

Разрешить существующую проблему противоречий в НБ ЛБ можно как путем совершенствования санитарно-гигиенической нормативной базы в области лазерной безопасности, так и посредством совершенствования технической НБ ЛБ. Актуальность проведения таких работ обусловлена следующими соображениями.

Распоряжением Правительства РФ от 24.07.2013 № 1305-р утвержден План мероприятий («дорожная карта») «Развитие оптоэлектронных технологий (фотоники)». В соответствии в пункте 18 «дорожной карты», должен разрабатываться технический регламент Таможенного союза по безопасности лазерной продукции (далее – ТР ТС ЛП). Любой технический регламент предполагает наличие определенного пакета нормативных документов, составляющих доказательную базу для подтверждения соответствия объекта технического регулирования (в нашем случае – лазерной продукции) требованиям технического регламента. Указанные нормативные документы необходимы при сертификации лазерной продукции. Наличие противоречий между СГ НД и введенными в действие техническими стандартами, идентичными стандартам серии ИЕС 60825, не позволяет в настоящее время предложить пакет нормативных документов для подтверждения соответствия сертифицируемой лазерной продукции требованиям ТР ТС ЛП. Как мы показали выше, пакет нормативных документов, составленный из отечественных стандартов, идентичных стандартам серии ИЕС 60825, будет противоречить первоочередной цели стандартизации – «повышению уровня безопасности жизни и здоровья граждан».

3.1. Предложения по совершенствованию санитарно-гигиенической нормативной базы в области лазерной безопасности

Разрешить противоречия между отечественными СГ НД по лазерной безопасности и стандартами МЭК можно, смягчив российские показатели безопасности лазерной продукции путем их сближения с показателями, регламентированными в стандарте ИЕС-1, т. е. путем пересмотра значений первого классификационного уровня лазерной продукции в сторону их увеличения. Это в свою очередь означает пересмотр значений гигиенических нормативов (ПДУ) ЛИ в сторону их увеличения.

Решению об изменении гигиенических нормативов безопасности ЛИ (или об их сохранении) должно предшествовать проведение исследований по изучению эффективности практического применения показателей безопасности ЛП, разработанных в России и регламентированных в настоящее время в СН № 5804 и ЕСГТ. Предлагаемую исследовательскую работу можно назвать «Анализ эффективности применения санитарно-гигиенических показателей безопасности лазерной продукции». В рамках предлагаемой НИР прежде всего следует сформировать базу данных по случаям производственного и бытового травматизма при использовании ЛИЗ, зафиксированных с даты введения в действие СН № 5804. Особое внимание следует обратить на инциденты, сопутствовавшие применению ЛИЗ на открытых пространствах. Заметим, что в период разработки СН № 5804 в середине 80-х и в начале 90-х годов прошлого столетия применение ЛИЗ для работы на открытых пространствах было весьма ограниченным, а об использовании опасных ЛИЗ в быту речи вообще не шло.

Помощь в создании базы данных по случаям лазерного травматизма могут оказать врачи-офтальмологи. Имеются сведения об обращениях граждан к офтальмологом после воздействия на глаза излучения лазерных указок. Кроме того, достаточно широко известен инцидент, произошедший на фестивале рок-музыки «Аквамарин-4» в 2008 г. На этом фестивале многие зрители получили травмы глаз в результате их облучения ЛИ проектора, предназначенного для демонстрации световых эффектов. По результатам данного инцидента было опубликовано разъяснительное письмо Главного санитарного врача РФ от 28.07.2008 № 01/8042-8-32 «Об использовании источников лазерного излучения в театрально-зрелищных мероприятиях». В этом письме руководителям региональных управлений Роспотребнадзора и главным врачам ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах РФ предписывалось «проводить санитарно-

эпидемиологическую оценку использования лазерных устройств в театрально-зрелищных мероприятиях и для демонстрации в учебных заведениях с использованием СН № 5804-91».

Очевидно, что при создании базы данных по случаям лазерного травматизма необходимо устанавливать технические характеристики ЛИЗ (длину волны излучения, мощность или энергию ЛИ и др.), послуживших источником травм, и энергетические параметры ЛИ в точках воздействия ЛИ на человека. Последние параметры могут быть получены скорее всего путем экспертных оценок с применением расчетных формул по определению степени опасности ЛИ в заданной точке пространства [16].

В рамках предлагаемой НИР целесообразно также провести критический анализ результатов медико-биологических исследований по установлению ПДУ ЛИ, использованных при разработке СН № 5804, с целью изучения возможности (или невозможности) увеличения значений ПДУ для сближения со значениями МРЕ, регламентированными в ИЕС-1. Кроме того, возможно, потребуются уточнить существующую СКЛ с целью выделения некоторого класса (подкласса) ЛИЗ небольшой мощности (например, с диапазоном мощностей от 0,1 до 1,0 мВт), на который не будут распространяться жесткие ограничения по применению.

Очевидно, что предлагаемую работу должны провести специалисты из учреждений Минздрава РФ и Роспотребнадзора.

3.2. Предложения по совершенствованию технической нормативной базы в области лазерной безопасности

Как мы показали выше, отечественные стандарты, идентичные стандартам серии ИЕС 60825, не могут рассматриваться как элементы нормативной базы, обеспечивающей выполнение требований ТР ТС ЛП. Отсюда следует, что должны быть разработаны отечественные технические нормативные документы в области лазерной безопасности, которые, с одной стороны, не будут противоречить положениям ФЗ № 184, а с другой стороны, не будут противоречить отечественным СГ НД в области лазерной безопасности. Вопросы формирования новой НБ ЛБ путем разработки новых нормативных документов по стандартизации (прежде всего национальных стандартов) рассмотрены в работе [13].

Предлагается разработать серию национальных стандартов с общим наименованием объекта стандартизации «Безопасность лазерной продукции», состоящую из следующих стандартов:

- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Общие положения» (далее – ГОСТ Р-1ЛБ);
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий»;
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения»;
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Расчетные и инструментальные методы лазерной дозиметрии на открытых пространствах»;
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Методы измерений и испытаний, проводимых для классификации лазерных изделий по степени опасности лазерного излучения»;
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Средства индивидуальной защиты глаз от лазерного излучения. Общие технические требования и методы испытаний»;
- ГОСТ Р ... «Безопасность лазерной продукции. Средства коллективной защиты от лазерного излучения. Общие технические требования и методы испытаний».

Дадим краткие пояснения по ГОСТу-1ЛБ, который предполагается разработать взамен ГОСТа 12.1.040-83. Ожидается, что в ГОСТе-1ЛБ будут установлены основные принципы и цели системы лазерной безопасности, действующей в РФ. Регламентирована структура нормативных документов серии «Безопасность лазерной продукции» (НД БЛП). Установлено соответствие НД БЛП нормам действующего федерального законодательства. Установлена взаимосвязь НД БЛП с СГ НД Роспотребнадзора и Минздрава России, действующими на момент утверждения ГОСТа-1ЛБ, а также с соответствующими другими стандартами системы ГОСТа Р. Регламентирована СКЛ по степени потенциальной опасности. Установлена взаимосвязь отечественной СКЛ со схемой классификации, регламентированной в стандарте ИЕС 60825-1:2014.

Регламентируемая СКЛ должна быть приведена с обязательной ссылкой на соответствующий СГ НД (что не выполнено ни в ГОСТе ИЕС-1, ни в ГОСТе 31581-2012). Это обусловлено следующими соображениями. В настоящее время технические стандарты являются документами добровольного применения. В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ, «документ по стандартизации (основным из которых является национальный стандарт. – Авт.) – документ, в котором для добровольного и многократного применения устанавливаются общие характеристики объекта стандартизации...». В свою очередь СГ НД были и остаются документами обязательного применения. В соответствии со статьей 2 ФЗ № 52, «санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается посредством ... обязательного соблюдения гражданами, индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами санитарных правил как составной части осуществляемой ими деятельности ...». Другими словами, требования к классификации лазерной продукции, регламентированные в технических стандартах (например, в ГОСТе ИЕС-1 или в ГОСТе 31581-2012), в общем-то не являются сегодня обязательными для выполнения производителями и импортерами лазерной продукции. Однако если такие требования будут регламентированы в каком-либо ГОСТе со ссылкой на обязательный к применению СГ НД, они также станут обязательными для пользователей стандарта.

Заключение

Следует проинформировать читателей о том, что, к сожалению, в настоящее время Росстандарт не поддерживает предложения по разработке отечественной серии стандартов по лазерной безопасности, ссылаясь на статью ФЗ № 184, предписывающую отдавать приоритет международным стандартам при разработке национальных стандартов. При этом аргументы в пользу того, что введенные Росстандартом отечественные аналоги стандартов серии ИЕС 60825 существенно понижают уровень безопасности лазерной продукции, не принимаются во внимание. Авторы надеются что специалисты, занимающиеся вопросами обеспечения безопасности при использовании неионизирующих излучений, поддержат приведенные выше предложения, а также, возможно, предложат другие пути разрешения проблемы противоречий, возникших в нормативной базе лазерной безопасности, которые в настоящее время полностью дезориентировали отечественных производителей и потребителей лазерной продукции.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Файн С., Клейн Э. Биологическое действие излучения лазера. Пер. с англ. М.: Атомиздат; 1968.
2. Рэди Д. Действие мощного лазерного излучения. Пер. с англ. М.: Мир; 1974.
3. Суворов И.М., Добрынина В.В., Ушкова И.Н. и др. Влияние излучения лазеров на организм человека. *Врачебное дело*. 1981; (9): 10–5.
4. Пальцев Ю.П., Желтов Г.И., Комарова А.А. Биологические эффекты и критерии оценки опасности лазерного излучения. *Вестник академии медицинских наук*. 1992; 7–21.
5. Пальцев Ю. П. Эффекты воздействия лазерного излучения. В кн.: *Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. Медико-биологические и метрологические аспекты. Справочник в 2-х томах, т. 1*. М.: ИПК Изд-во стандартов; 2004: 170–89.
6. Кармолин А.Л., Пальцев Ю.П. Гигиеническое нормирование лазерного излучения. В кн.: *Гигиенические аспекты использования лазерного излучения в народном хозяйстве*. М.: МНИИ Гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана; 1982: 92–6.
7. Березин Ю.Д., Борткевич А.В., Котов А.М. и др. Предельно допустимые уровни (ПДУ) для лазерного излучения с длиной волны 0,63 мкм. В кн.: *Гигиенические аспекты использования лазерного излучения в народном хозяйстве*. М.: МНИИ Гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана; 1982: 97–9.
8. Желтов Г.И. О нормативных документах по лазерной безопасности. В кн.: *Как это было ... Воспоминания создателей отечественной лазерной техники. Часть 1*. М.: ФИАН; 2006: 347–50.
9. Желтов Г.И. Проблемы безопасности при работе с лазерами. В кн.: *ФГБУ Научно-исследовательский институт глазных болезней РАМН. Вопросы лазерной офтальмологии*. М.: Астрель; 2013: 15–31.
10. Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т. Нормативное и правовое регулирование безопасного применения лазерной техники. *Безопасность в техносфере*. 2013; (3): 60–9.
11. 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; (17): 1–6.
12. Рахманов Б.Н., Пальцев Ю.П., Кибовский В.Т., Девисиллов В.А. Лазерная безопасность. Вчера. Сегодня. Завтра. Часть 2. *Безопасность в техносфере*. 2014; (5): 47–57.
13. Рахманов Б.Н., Девисиллов В.А., Митрофанов А.В., Кибовский В.Т. Вопросы технического регулирования безопасного применения лазерной аппаратуры. Часть II. Предложения по разработке новой системы национальных стандартов по лазерной безопасности. *Фотоника*. 2014; (1): 28–37.
14. Рахманов Б.Н., Кибовский В.В. Лазер. Все же какого он класса опасности? Часть I. *Фотоника*. 2015; (5): 42–9.
15. Минаев В.П. О стандартизации в вопросе о лазерной безопасности. *Фотоника*. 2016; (1): 144–6.
16. Рахманов Б.Н., Кибовский В.Т. Оценка степени опасности и ослепляющего действия лазерных изделий, работающих на открытых пространствах в видимой и ближней ИК областях спектра. *Безопасность жизнедеятельности*. 2014; (Прил. 1): 1–24.

References

1. Fine S., Klein E. Biological effects of laser radiation. In: *Advances in Biomedical and Medical Physics, vol. 10*. New-York: Academic Press; 1965: 149–226. (in Russian)
2. Ready J.F. *Effects of High Power Laser Radiation*. London: Academic; 1971. (in Russian)
3. Suvorov I.M., Dobrynina V.V., Ushkova I.N. et al. The effect of laser radiation on the human body. *Vrachebnoe delo*. 1981; (9): 10–5. (in Russian)
4. Pal'tsev Yu.P., Zheltov G.I., Komarova A.A. Biological effects and criteria for assessing the danger of laser radiation. *Vestnik akademii meditsinskikh nauk*. 1992; 7–21. (in Russian)
5. Pal'tsev Yu. P. Effects of laser radiation. In: *Effects on the Human Body of Hazardous and Harmful Production Factors. Medico-biological and Metrological Aspects. Reference Book in 2 Volumes, vol. 1 [Vozdeystvie na organizm cheloveka opasnykh i vrednykh proizvodstvennykh faktorov. Mediko-biologicheskie i metrologicheskie aspekty. Spravochnik v 2-kh tomakh, t. 1]*. Moscow: IPK Izd-vo standartov; 2004: 170–89. (in Russian)
6. Karmolin A.L., Pal'tsev Yu.P. Hygienic rationing of laser radiation. In: *Hygienic Aspects of the Use of Laser Radiation in the National Economy [Gigienicheskie aspekty ispol'zovaniya lazernogo izlucheniya v narodnom khozyaystve]*. Moscow: MNII Gigieny im. F.F. Erismana; 1982: 92–6. (in Russian)
7. Berезin Yu.D., Bortkevich A.V., Kotov A.M. et al. The maximum permissible levels (PDU) for laser radiation with a wavelength of 0.63 microns. In: *Hygienic Aspects of the Use of Laser Radiation in the National Economy [Gigienicheskie aspekty ispol'zovaniya lazernogo izlucheniya v narodnom khozyaystve]*. Moscow: MNII Gigieny im. F.F. Erismana; 1982: 92–6. (in Russian)
8. Zheltov G.I. On the normative documents on laser safety. In: *How it was ... Memories of the Creators of Domestic Laser Technology. Part 1 [Kak eto bylo ... Vospominaniya sozdateley otechestvennoy lazernoy tekhniki. Chast' 1]*. Moscow: FIAN; 2006: 347–50. (in Russian)
9. Zheltov G.I. Problems of safety when working with lasers. In: *FGBU Research Institute of Eye Diseases of RAMS. Questions of Laser Ophthalmology [Voprosy lazernoy oftal'mologii]*. Moscow: Astrel'; 2013: 15–31. (in Russian)
10. Rakhmanov B.N., Kibovskiy V.T. Normative and legal regulation of the safe use of laser technology. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2013; (3): 60–9. (in Russian)
11. Rakhmanov B.N., Kibovskiy V.T. To the 30th anniversary of the laser safety system in Russia. Modern problems in the field of regulatory and legal regulation of the safe use of laser equipment. *Lazer-Inform*. 2013; (17): 1–6. (in Russian)
12. Rakhmanov B.N., Pal'tsev Yu.P., Kibovskiy V.T., Devisilov V.A. Laser safety. Yesterday. Today. Tomorrow. Part 2. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2014; (5): 47–57. (in Russian)
13. Rakhmanov B.N., Devisilov V.A., Mitrofanov A.V., Kibovskiy V.T. Issues of technical regulation of the safe use of laser equipment. Part II. Proposals for the development of a new system of national standards for laser safety. *Fotonika*. 2014; (1): 28–37. (in Russian)
14. Rakhmanov B.N., Kibovskiy V.V. Laser. Yet what kind of danger class is he? Part I. *Fotonika*. 2015; (5): 42–9. (in Russian)
15. Minaev V.P. On standardization in the matter of laser safety. *Fotonika*. 2016; (1): 144–6. (in Russian)
16. Rakhmanov B.N., Kibovskiy V.T. Assessment of the degree of danger and blinding effect of laser products operating in open spaces in the visible and near infrared regions of the spectrum. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2014; (Pril. 1): 1–24. (in Russian)