

Читать
онлайн
Read
onlineПоходзей Л.В.^{1,2}, Пальцев Ю.П.¹

Современное состояние гигиенического нормирования лазерного излучения в Российской Федерации и за рубежом (обзор литературы)

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва, Россия²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)», 119991, Москва, Россия

В настоящее время в Российской Федерации утверждены нормативно-методические документы, регламентирующие воздействие лазерного излучения на человека, которые в отличие от ранее действовавших Санитарных норм и правил (№ 5804–91)¹ имеют целый ряд существенных недостатков. Их требования часто противоречат друг другу, что не всегда позволяет в полной мере адекватно оценивать безопасность современных источников лазерного излучения на рабочих местах и в окружающей среде. За рубежом гигиеническое нормирование лазерного излучения осуществляется как на национальном уровне, так и в рамках международных организаций. При этом содержащиеся в них ПДУ лазерного излучения в большинстве нормируемых диапазонов длин волн существенно мягче, чем установленные СанПиН 1.2.3685–21², и вместе с тем они положены в основу межгосударственных ГОСТ, принятых в нашей стране. Отсутствие единого принципа определения классов опасности генерируемого лазерного излучения также является проблемой для разработчиков, пользователей и специалистов, обеспечивающих лазерную безопасность.

Проведённый критический анализ современного состояния гигиенического нормирования лазерного излучения в России и за рубежом показал, что в настоящее время чрезвычайно важной и неотложной задачей является разработка новых нормативных и методических документов, обобщающих большой отечественный и зарубежный опыт исследований в этой области с учётом научных достижений последних лет. Это позволит сохранить здоровье лиц, подвергающихся воздействию лазерного излучения.

Ключевые слова: лазерное излучение; гигиеническое нормирование; СанПиН; отечественные стандарты; зарубежные стандарты; указания; рекомендации; обзор

Для цитирования: Походзей Л.В., Пальцев Ю.П. Современное состояние гигиенического нормирования лазерного излучения в Российской Федерации и за рубежом (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(12): 1464–1468. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1464-1468> <https://elibrary.ru/fgvasd>

Для корреспонденции: Походзей Лариса Васильевна, доктор мед. наук, вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: Lapokhodzey@yandex.ru

Участие авторов. Все соавторы внесли равнозначный вклад в исследование и подготовку статьи к публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 24.05.2022 / Принята к печати: 08.12.2022 / Опубликована: 12.01.2023

¹ Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров. Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 31 июля 1991 г. № 5804–91.

² СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 г.

Larisa V. Pokhodzey^{1,2}, Yury P. Paltsev¹

Current status of hygienic regulation of laser radiation in the Russian Federation and abroad (literature review)

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation;²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation

Currently, in the Russian Federation, there have been approved regulatory and methodological documents which, unlike the previous SNiP No. 5804–91, have a number of significant drawbacks, their requirements often contradict each other, which does not always allow a fully adequate assessing safety modern sources of laser radiation at workplaces and in the environment. Abroad, hygienic regulation of laser radiation is carried out both at the national, and within international organizations. At the same time, the maximum permissible levels (MPL) contained in them in most normalized wavelength ranges are significantly softer than those established by SanPiN No. 1.2.3685–21, and, at the same time, they form the base of interstate GOSTs adopted in our country. The lack of a unified principle for determining the hazard classes of the generated laser radiation is also a problem for developers, users and specialists who ensure laser safety.

A critical analysis of the current state of hygienic regulation of laser radiation in our country and abroad showed at present an extremely important and urgent task to be the development of new regulatory and methodological documents that summarize the extensive domestic and foreign research experience in this area, taking into account the scientific achievements of recent years, which will ensure the preservation of the health of persons exposed to laser radiation.

Keywords: laser radiation; hygienic regulation; SanPiN; domestic and foreign standards; review

For citation: Pokhodzey L.V., Paltsev Yu.P. Current status of hygienic regulation of laser radiation in the Russian Federation and abroad (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(12): 1464–1468. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1464-1468> <https://elibrary.ru/fgvasd> (In Russian)

For correspondence: Larisa V. Pokhodzey, MD, Ph.D., DSci., leading researcher of the Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: Lapokhodzey@yandex.ru

Information about authors: Pokhodzey L.V., <https://orcid.org/0000-0003-3561-1605> Paltsev Yu.P., <https://orcid.org/0000-0002-3999-0457>

Contribution: All co-authors made an equal contribution to the research and preparation of the article for publication.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 24, 2022 / Accepted: December 8, 2022 / Published: January 12, 2023

¹ Sanitary norms and rules for the device and operation of lasers. Approved Chief State Sanitary Doctor of the USSR on July 31, 1991 No. 5804–91.

² SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. Approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 28.01.2021.

В начале 60-х годов прошлого века практически одновременно в США и СССР были созданы первые лазеры на основе кристалла рубина. В 1964 г. Нобелевская премия по физике за фундаментальные работы в области квантовой электроники, приведшие к созданию генераторов и усилителей на основе лазерного принципа, была присуждена американскому физику Чарльзу Харду Таунсу (Charles Hard Townes) и двум советским учёным – Александру Михайловичу Прохорову и Николаю Геннадиевичу Басову [1–4].

В настоящее время широкое распространение получили лазеры различных типов: газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые, волоконные [5]. Современные лазерные устройства нашли применение во многих отраслях промышленности, медицины, в научных исследованиях. Они стали совершенно необходимым компонентом потребительских товаров и технологических комплексов, сложных систем вооружения. Ведётся разработка нового оборудования для серийного производства и решения нестандартных задач в области лазерной обработки различных материалов (резки и раскроя, сварки и наплавки, сверления отверстий, скрайбирования, маркировки).

В медицинской практике лазерные установки используются в терапии, хирургии, в том числе литотрипсии, офтальмологии, онкологии, физиотерапии, косметологии, стоматологии, диагностике (доплеровская спектроскопия, проточная цитофотометрия, голография, лазерная микроскопия).

Всё более широко применяются лазерные системы и устройства, предназначенные для дистанционных измерений параметров и характеристик удалённых объектов, а также для передачи и приёма информации (лазерные дальномеры и измерители линейных и угловых скоростей и искорений, лазерные теодолиты, системы мониторинга окружающей среды, системы беспроводной наземной, подводной и космической связи).

Новыми сферами использования являются создание систем лазерного термоядерного синтеза для управления высокотемпературной плазмой, лазерная спектроскопия, лазерное разделение изотопов, осуществление идеи голографии, лазерные методы контроля состояния атмосферы, качества изделий.

Лазеры вошли в повседневную жизнь многих людей, иногда даже не подозревающих о наличии их в окружающей техносфере. Лазерное излучение (ЛИ) применяется в современной аудио- и видеоаппаратуре, в персональных компьютерах и волоконно-оптических линиях связи, появились и домашние лазерные видеопроекторы. Обычному потребителю стали доступны медицинские терапевтические лазерные приборы.

В области индустрии развлечений получили распространение различные лазерные аттракционы (например, лазерный тир и лазертаг, заменивший вполне безобидный пейнтбол).

Всё чаще люди сталкиваются с уличной рекламой на основе лазерных видеопроекций, а также со световыми эффектами с использованием лазерного излучения при посещении театрально-зрелищных мероприятий и массовых лазерных шоу.

Использование лазерной техники для нужд современного общества продолжает расширяться, и её потенциальные возможности кажутся безграничными.

Учитывая накопленные к настоящему времени данные о том, что ЛИ на рабочих местах и в окружающей среде может в ряде случаев представлять значительную опасность для организма человека (прежде всего для глаз и открытых кожных покровов) вследствие крайне высокой плотности энергии, распространяющейся в виде узконаправленных, рассеянных и диффузно отражённых лазерных пучков, проблема обеспечения лазерной безопасности работников и населения становится особенно актуальной [6–10].

Наиболее ответственная роль в защите человека от неблагоприятного воздействия лазерного излучения принадлежит научному обоснованию его предельно допустимых уровней (ПДУ).

В нашей стране первые гигиенические регламенты лазерного излучения, разработанные в начале 80-х годов прошлого столетия, были представлены «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров» (2392–81)³. В дальнейшем в ходе выполнения государственной целевой программы, направленной на обеспечение безопасности персонала при эксплуатации лазерной техники (1988–1991 гг.), они были переработаны, дополнены и в 1991 г. утверждены с тем же названием под номером 5804–91¹. В разработке этого документа принимали участие ведущие специалисты авторитетных организаций физического, биологического, медицинского, санитарно-гигиенического и приборостроительного профилей, таких как Институт биофизики Минздрава СССР, ЦНИИТОЧМАШ, Институт физики АН БССР, Московский НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, Ленинградский НИИ гигиены труда и профзаболеваний, Всесоюзный центральный НИИ охраны труда ВЦСПС, Ленинградский НИИ радиационной гигиены, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, Одесский НИИ глазных болезней им. В.П. Филатова, Одесский государственный университет, Белорусский политехнический институт, Всесоюзный НИИ оптико-физических измерений. Был собран обширный экспериментальный материал при исследованиях на животных (кролики и приматы), а также впервые в мировой практике были получены данные санитарно-гигиенических и клинических исследований, что позволило научно обосновать предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах.

Вошедшие в Санитарные нормы и правила (№ 5804–91)¹ ПДУ лазерного излучения оставались фактически неизменными на протяжении 30 лет и были включены в СанПиН 2.2.4.3359–16⁴ и СанПиН 1.2.3685–21².

Эти документы в отличие от Санитарных норм и правил (№ 5804–91)¹ к сожалению, не содержали такого объёма гигиенических требований, которые затрагивали бы все основные этапы проектирования, изготовления и эксплуатации лазерных изделий.

Что касается действующих в настоящее время СанПиН 1.2.3685–21², то в них остались только таблицы с ПДУ ЛИ для одиночных импульсов и не представлены такие важные разделы, как ПДУ для серии импульсов и пучков малого диаметра, ПДУ при одновременном воздействии на глаза и кожу ЛИ с различными длинами волн, отсутствуют классификация лазеров по степени опасности и другие обязательные гигиенические требования к условиям работы с источниками ЛИ.

Эти требования также не нашли отражения в СП 2.2.3670–20⁵ «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», в которых лазерам посвящён всего один пункт: «4.50. Применение лазеров открытого типа допускается при применении дистанционного управления. Визуальная юстировка лазеров производится с применением СИЗ глаз и кожи».

В приложении к письму Роспотребнадзора от 23 июня 2021 г. № 02/12560-2021-32, в котором должны были содержаться разъяснения по проведению измерений физических факторов неионизирующей природы в условиях производства и по санитарно-эпидемиологической оценке условий труда, в пункте 7 «Организация контроля и методы измере-

³ Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров. Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР П.Н. Бургасовым 21 апреля 1981 г. № 2392–81.

⁴ СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 г. № 81.

⁵ СП 2.2.3670–20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02.12.2020 г. № 40.

ния параметров лазерного излучения» указано: «Измерения энергетических параметров лазерного излучения проводятся по методике, изложенной в руководстве по эксплуатации средства измерений». Вместе с тем в «Перечне методик, стандартов, используемых при проведении измерений» этого письма приведены:

- Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологических служб по проведению дозиметрического контроля и гигиенической оценки лазерного излучения (№ 5309–90)⁶;
- ГОСТ Р 12.1.031–2010 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения»⁷;
- Методические рекомендации МР 2.2.4.0115–16 «Оценка безопасности использования лазерных проекторов»⁸.

В настоящее время на территории нашей страны также действуют «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)»⁹, утверждённые решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. (№ 299), где в главе 6 «Предельно допустимые уровни лазерного излучения при воздействии на глаза и кожу» приведены требования к продукции, являющейся источником лазерных излучений, полностью идентичные установленным в Санитарных нормах и правилах №5804–91¹.

Наряду с СанПиН 1.2.3685–21² на территории Российской Федерации введены в действие межгосударственные стандарты по лазерной безопасности:

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 31581–2012 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий»¹⁰;
- Межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60825–1–2013 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей»¹¹;
- Межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TR 60825–13–2016 «Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 13. Измерения для классификации лазерной аппаратуры»¹².

При этом следует особо отметить, что ГОСТ IEC 60825–1–2013¹¹ и ГОСТ IEC/TR 60825–13–2016¹² являются переводами стандартов лазерной безопасности, разработанных Международной электротехнической комиссией (МЭК – IEC), то есть они практически идентичны IEC 60825–1:2007¹³ «Safety of laser products. Part 1. Equipment classification, requirements and user's guide» и IEC/TR 60825–13:2011¹⁴ «Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products», а содержащиеся в них ПДУ ЛИ и их классификация существенно отличаются от научно обоснованных в нашей стране.

Наиболее выраженные различия между значениями гигиенических нормативов, представленных в СанПиН 1.2.3685–21²

⁶ Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологических служб по проведению дозиметрического контроля и гигиенической оценки лазерного излучения. Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 28 декабря 1990 г. № 5309 90.

⁷ ГОСТ Р 12.1.031–2010 ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения.

⁸ Методические рекомендации МР 2.2.4.0115–16 Оценка безопасности использования лазерных проекторов.

⁹ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 8 декабря 2020 г.).

¹⁰ Межгосударственный стандарт ГОСТ 31581–2012. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий.

¹¹ Межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60825–1–2013. Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей.

¹² Межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TR 60825–13–2016. Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 13. Измерения для классификации лазерной аппаратуры.

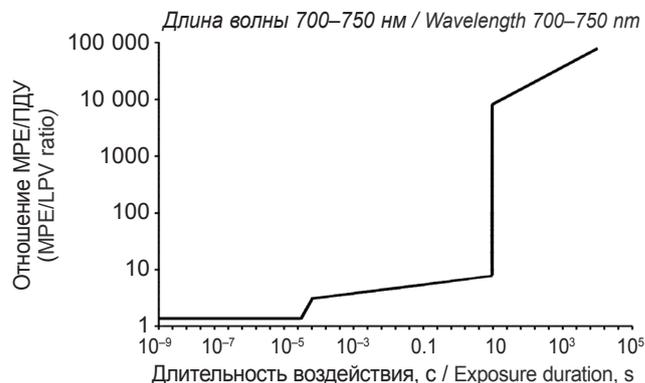
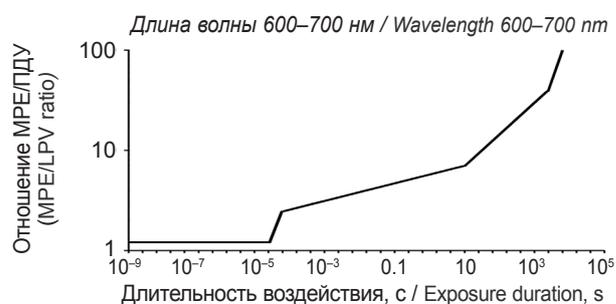
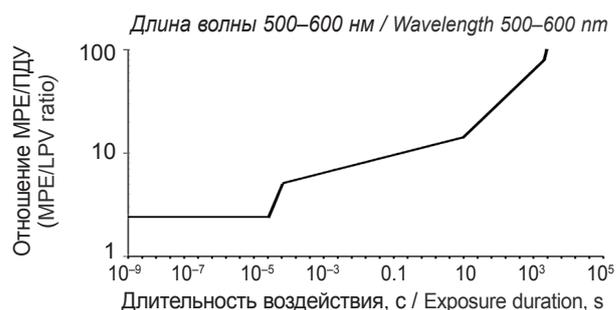
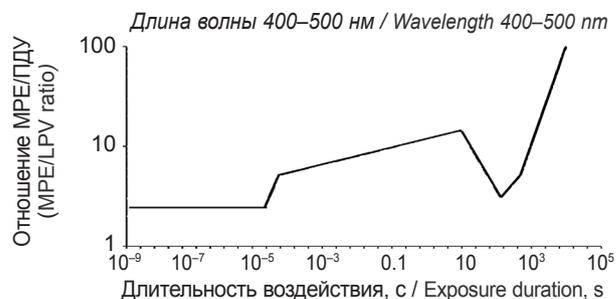
¹³ IEC 60825–1:2007. Safety of laser products. Part 1. Equipment classification, requirements and user's guide.

¹⁴ IEC/TR 60825–13:2011. Safety of laser products. Part 13: Measurements for classification of laser products.

(ПДУ – LPV) и в ГОСТ IEC 60825–1–2013¹¹, а также в IEC 60825–1–2013¹³ (MPE – Maximum Permissible Exposure), отмечаются в видимом диапазоне частот.

Проведённые нами расчёты позволили построить графики, на которых представлены отношения MPE к ПДУ коллимированного ЛИ при однократном воздействии на глаза с длительностью от 10^{-9} до $3 \cdot 10^4$ с (см. рисунок).

Как видно из рисунка, отечественные нормативы в диапазоне длин волн 400–750 нм жёстче зарубежных: начиная с длительности воздействия больше 10^{-5} с в 3–10 раз, а при воздействии ≥ 10 с – в 10–15 и более раз.



Сравнительный анализ отечественных и зарубежных нормативов при воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения видимого диапазона с различной длиной волны.

Comparative analysis of domestic and foreign standards when exposed to the eyes of collimated laser radiation of the visible range with different wavelengths.

Введение в действие на территории Российской Федерации стандартов серии IEC 60825 значительно снижает уровень безопасности лазерной техники и ведёт к дезориентации отечественного производителя и потребителя лазерной продукции, что приводит к недопустимому занижению (в 3,2 раза) размеров лазерно-опасных зон (ЛОЗ) или к занижению на порядок коэффициента ослабления ЛИ, требуемого для средств индивидуальной защиты глаз от лазерного излучения [11].

Совершенно недопустимая ситуация сложилась и в определении классов опасности генерируемого лазерного излучения. Так, в СанПиН 1.2.3685–21 классификация лазеров по степени опасности вообще не представлена, тогда как в ранее принятых документах она была, при этом принципы классификации и число классов существенно различались: Санитарные нормы и правила 5804–91 – четыре класса (1–4), ГОСТ 31581–2012 – пять классов (1, 2, 3А, 3В, 4), ГОСТ IEC 60825–1–2013 и СанПиН 2.2.4.3359–16 – семь классов (1, 1М, 2, 2М, 3R, 3В, 4).

Всё это является плодом непродуманной «гармонизации» отечественных документов с зарубежными – идеи, захватившей наше общество, в том числе и научное сообщество, при вступлении России в ВТО в 2012 г.

Таким образом, существующая в Российской Федерации нормативно-методическая база лазерной безопасности содержит документы разного уровня: СанПиН, санитарные правила, российские ГОСТ (Р), межгосударственные стандарты (ГОСТ IEC), методические указания (МУК), требования которых часто противоречат друг другу. Отсутствие единого подхода к порядку разработки, применения и оценки соответствия лазерных систем с точки зрения лазерной безопасности является проблемой для разработчиков, пользователей и специалистов, осуществляющих гигиеническую оценку источников лазерных излучений, что неоднократно отмечалось в работах многих авторов [12–14], а в отдельных публикациях предлагались возможные пути её преодоления [15, 16].

За рубежом гигиеническое нормирование лазерного излучения осуществляется как на национальном уровне, так и в рамках международных организаций.

В США разработкой нормативных и методических документов, регламентирующих предельно допустимые уровни (Threshold Limit Values) лазерного излучения (ЛИ), занимается целый ряд организаций, среди которых:

- Американский национальный институт стандартов – American National Standards Institute (ANSI);
- Американская ассоциация государственных промышленных гигиенистов – The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH);
- Агентство по радиационной безопасности – Center for Devices and Radiological Health's (CDRH).

Первым в мире стандартом в области лазерной безопасности был American National Standard for the safe Use of Lasers (ANSI Z 136.1–1973) [17]. При разработке этого документа широко использовались результаты исследований, проведённых не только в США, но и в странах Западной Европы – Великобритании, Германии, Франции и Швеции.

В настоящее время в США действует его усовершенствованная версия American National Standard for the Safe Use of Lasers (ANSI Z 136.1–2014), где представлены MPL лазерного излучения, классификация лазеров по степени опасности, требования к маркировке лазерных изделий. Этот стандарт – основной в американской серии по лазерной безопасности, включающей 10 стандартов (ANSI Z 136.1 – ANSI Z 136.10), требования которых распространяются на отдельные отрасли промышленности. Все версии стандартов ANSI Z 136 представлены на сайте Laser Institute of America [18]. Так, в 2021 г. вступили в силу ANSI Z 136.4 Recommended Practice for Laser Safety Measurements for Classification and Hazard Evaluation (руководство по измерению лазерного излучения для классификации и оценки опасности) и ANSI Z 136.8 Safe Use of Lasers in Research, Development, or Testing (стандарт

для процедур обеспечения лазерной безопасности в любой области, где проводятся исследования, разработки или испытания).

ПДУ ЛИ в нормативном документе Американского агентства по радиационной безопасности CDRH-21 CFR (части 1040.1 и 1040.11) [19], разработанном для производителей лазерных изделий, полностью идентичны ANSI Z 136.1.

Американской ассоциацией государственных промышленных гигиенистов ACGIH установлены предельно допустимые уровни (Threshold Limit Values) лазерного излучения, представленные в TLVs-2019 [20], при которых персонал может неоднократно подвергаться его воздействию без неблагоприятных последствий для здоровья.

Предельно допустимые уровни лазерного излучения в Китайской Народной Республике регулируются стандартом GB/Z 2.2–2007 [21]. Следует отметить, что в диапазоне длин волн 200–308 нм стандарт GB/Z 2.2–2007 предъявляет в 2–13 раз более строгие требования, чем ICNIRP–2013. В других частотных диапазонах расхождения не столь существенны.

Вопросы лазерной безопасности рассматриваются и решаются также в рамках Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) – ассоциации, зарегистрированной в Мюнхене (Германия) и признанной в качестве официального сотрудничающего субъекта Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и Международной организацией труда (МОТ).

Следует отметить, что ПДУ ЛИ, представленные как в стандарте, разработанном МЭК (IEC 60825–1:2013) [22], так и в «Рекомендациях по ограничениям воздействия лазерного излучения с длиной волны 180 нм – 1000 мкм» (Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 μm, 2013) [23] ICNIRP, полностью идентичны американским ПДУ в ANSI Z 136.1 (2014 г.).

В 2020 г. ICNIRP внесла незначительные корректировки в ПДУ, которые были представлены в виде самостоятельного документа [24]. В первую очередь это относится к протяжённому лазерным источникам.

В Евросоюзе действует Директива европейского парламента и совета (Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) – Directive 2006/25/EC) [25], в основе которой также лежат ПДУ ЛИ, установленные ANSI Z 136.1 (2014 г.). Вместе с тем в Directive 2006/25/EC для лазерного излучения видимого диапазона с длиной волны 400–700 нм сверхкороткой длительности (нано- и пикосекунды) установлены на порядок более жёсткие ПДУ по сравнению с рекомендациями ICNIRP.

Заключение

Проведённый анализ нормативных и методических документов, регламентирующих лазерную безопасность, показал различия в подходах к гигиеническому нормированию лазерного излучения, принятых в Российской Федерации и за рубежом (США, Евросоюз, Китай). В большинстве нормируемых диапазонов длин волн отечественные нормативы являются более жёсткими.

Базовые значения гигиенических нормативов лазерного излучения в нашей стране остаются практически неизменными на протяжении 30 лет с момента выхода Санитарных норм и правил № 5804–91 (СанПиН 2.2.4.3359–16 и СанПиН 1.2.3685–21) и нуждаются в пересмотре.

В СанПиН 1.2.3685–21 и СП 2.2.3670–20 по сравнению с Санитарными нормами и правилами № 5804–91 утрачен целый ряд важных разделов, посвящённых гигиеническому нормированию лазерного излучения, установлению классов опасности.

Одновременное действие на территории Российской Федерации ГОСТ ИЕС 60825–1–2013 и ГОСТ ИЕС/TR 60825–13–2016, являющихся практически идентичными зарубежным стандартам МЭК серии ИЕС 60825, и СанПиН 1.2.3685–21 ведёт к дезориентации отечественного производителя и потребителя лазерной продукции, а также специалистов, осуществляющих контроль ЛИ на рабочих местах и в окружающей среде.

В настоящее время чрезвычайно важной и неотложной задачей является разработка новых нормативных и мето-

дических документов по лазерной безопасности (СанПиН, Санитарные правила, МУК, МР, ГОСТ). К подготовке этих документов следует привлечь специалистов в области санитарно-гигиенического нормирования, производственной гигиены и охраны труда, квантовой электроники и оптико-физической метрологии, разработчиков лазерной техники.

Введение новых документов позволит устранить указанные выше недостатки и противоречия и обеспечить сохранение здоровья лиц, подвергающихся воздействию лазерного излучения.

Литература

(п.п. 1, 4, 17–25 см. References)

- Басов Н.Г., Прохоров А.М. Применение молекулярных пучков для радиоспектроскопического изучения вращательных спектров молекул. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 1954; 27(4): 431–8.
- Басов Н.Г., Прохоров А.М. О возможных методах получения активных молекул для молекулярного генератора. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 1955; 28(2): 249–50.
- Евтихий Н.Н., Очин О.Ф., Бегунов И.А. *Лазерные технологии*. Долгопрудный; 2020.
- Пальцев Ю.П., Кармолин А.Л. Задачи гигиены труда в связи с развитием квантовой радиофизики. В кн.: *Клинико-гигиенические проблемы в связи с развитием квантовой электроники*. М.; 1982: 7–21.
- Пальцев Ю.П., Желтов Г.И., Комарова А.А. Биологические эффекты и критерии оценки опасности лазерного излучения. *Вестник Академии медицинских наук*. 1992; (1): 32–7.
- Пальцев Ю.П. Эффекты воздействия лазерного излучения. В кн.: *Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. Медико-биологические и метрологические аспекты*. М.; 2004: 170–89.
- Жохов В.П., Комарова А.А., Максимова Л.И., Пальцев Ю.П. *Гигиена труда и профилактика профессиональной патологии при работе с лазерами*. М.: Медицина; 1981.
- Пальцев Ю.П., Походзей Л.В. Актуальные проблемы лазерной гигиены. В кн.: *Материалы 16-го Российского Национального Конгресса с международным участием «Профессия и здоровье»*. М.; 2021: 381–4. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-2-1-2021-1-381-384>
- Рахманов Б.Н., Девисилов В.А., Митрофанов А.В., Кибовский В.Т. Тридцатилетний опыт разработки системы лазерной безопасности в России. *Безопасность труда в промышленности*. 2014; (1): 33–9.
- Рахманов Б., Кибовский В. Лазер. Все же какого он класса опасности? Часть 1. *Фотоника*. 2015; (5): 42–51.
- Малькова Н.Ю., Лугиня В.С., Петрова М.Д. Основные проблемы стандартизации в области лазерной безопасности. В кн.: *Итоги и перспективы развития медицины труда в первой четверти XXI век*. СПб.; 2019: 95–7.
- Рахманов Б.Н., Пальцев Ю.П., Кибовский В.Т. Проблема противоречий в нормативной базе лазерной безопасности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 535–40. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-535-540>
- Рахманов Б., Девисилов В., Митрофанов А., Кибовский В. Вопросы технического регулирования безопасного применения лазерной аппаратуры. Часть II. Предложения по разработке новой системы национальных стандартов по лазерной безопасности. *Фотоника*. 2014; (1): 28–37.
- Крючина О.А., Садовников И.Э. Гармонизация со стандартами Европейского союза: вопросы, проблемы, решения. *Фотоника*. 2020; 14(1): 56–67.
- Maiman T.H. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*. 1960; 187: 493–4.
- Basov N.G., Prokhorov A.M. Application of molecular beams for radiospectroscopic study of the rotational spectra of molecules. *Zhurnal eksperimental'noy i teoreticheskoy fiziki*. 1954; 27(4): 431–8. (in Russian)
- Basov N.G., Prokhorov A.M. On possible methods for obtaining active molecules for a molecular generator. *Zhurnal eksperimental'noy i teoreticheskoy fiziki*. 1955; 28(2): 249–50. (in Russian)
- Gordon J.P., Zeiger H.J., Towns C.H. The maser – new type of microwave amplifier, frequency standard, and spectrometer. *Phys. Rev*. 1954; 99(4): 1264–74.
- Evtikhiev N.N., Ochin O.F., Begunov I.A. *Laser Technologies [Lazernye tekhnologii]*. Dolgoprudny; 2020. (in Russian)
- Pal'tsev Yu.P., Karmolin A.L. Problems of occupational health in connection with the development of quantum radiophysics. In: *Clinical and Hygienic Problems in Connection with the Development of Quantum Electronics [Kliniko-gigienicheskie problemy v svyazi s razvitiem kvantovoy elektroniki]*. Moscow; 1982: 7–21. (in Russian)
- 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; (1): 32–7. (in Russian)
- Pal'tsev Yu.P. Effects of exposure to laser radiation. In: *Influence of Hazardous and Harmful Production Factors on the Human Body. Medico-Biological and Metrological Aspects [Vozdeystviye na organizm cheloveka opasnykh i vrednykh proizvodstvennykh faktorov. Mediko-biologicheskie i metrologicheskie aspekty]*. Moscow; 2004: 170–89. (in Russian)
- Zhokhov V.P., Komarova A.A., Maksimova L.I., Pal'tsev Yu.P. *Occupational Health and Prevention of Occupational Pathology when Working with Lasers [Gigiena труда i profilaktika professional'noy patologii pri rabote s lazerami]*. Moscow: Meditsina; 1980. (in Russian)
- Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V. Actual problems of laser hygiene. In: *Proceedings of the 16th Russian National Congress with International Participation «Profession and Health» [Materialy 16-go Rossiyskogo Natsional'nogo Kongressa s mezhdunarodnym uchastiem «Professiya i zdorov'e»]*. Moscow; 2021: 381–4. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-2-1-2021-1-381-384> (in Russian)
- Rakhmanov B.N., Devisilov V.A., Mitrofanov A.V., Kibovskiy V.T. Thirty years of experience in developing a laser safety system in Russia. *Bezopasnost' труда v promyshlennosti*. 2014; (1): 33–9. (in Russian)
- Rakhmanov B., Kibovskiy V. Laser. After all what class of hazard is it? Part I. *Fotonika*. 2015; (5): 42–51. (in Russian)
- Mal'kova N.Yu., Luginya V.S., Petrova M.D. Main problems of standardization in the field of laser safety. In: *Results and Prospects for the Development of Occupational Medicine in the First Quarter of the 21st Century [Itogi i perspektivy razvitiya meditsiny труда v pervoy chetverti XXI vek]*. St. Petersburg; 2019: 95–7 (in Russian)
- Rakhmanov B.N., Pal'tsev Yu.P., Kibovskiy V.T. The problem of contradictions in the regulatory framework for laser safety. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(6): 535–40. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-535-540> (in Russian)
- Rakhmanov B., Devisilov V., Mitrofanov A., Kibovskiy V. Issues of technical regulation of safe application of laser equipment. Part II. Propositions on the development of a new system of national standards on laser safety. *Fotonika*. 2014; (1): 28–37. (in Russian)
- Kryuchina O.A., Sadovnikov I.E. Harmonization with the standards of the European Union: questions, problems, solutions. *Fotonika*. 2020; 14(1): 56–67. (in Russian)
- ANSI Z136.1-1973. Safe Use of Lasers. New York: American National Standards Institute; 1973.
- Laser Institute of America. ANSI Z136.1-2014. – Safe Use of Lasers. Available at: <https://www.lia.org/store/laser-safety-standards>
- Legal Information Institute. Available at: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/21/1040.10>
- TLVs® and BEIs®. Available at: https://oh.muq.ac.ir/uploads/tlv__2019.pdf
- GB/Z 2.2-2007. Occupational exposure limits for hazardous agents in the workplace. Part 2: Physical agents.
- IEC 60825-1:2013. «Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements». Available at: <https://webstore.iec.ch/publication/3587>
- ICNIRP Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 μm. *Health Phys*. 2013; 105(3): 271–95. <https://doi.org/10.1097/hp.0b013e3182983fd4>
- ICNIRP STATEMENT. Comments on the 2013 ICNIRP Laser Guidelines. *Health Phys*. 2020; 118(5): 543–8. <https://doi.org/10.1097/hp.0000000000001154>
- European Union. Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). 2016. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/25/2014-01-01>

References