



# СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ЗАДАЧИ

С.М. Шанчуроев, д.т.н., А.Г. Сухов, д.т.н., М.М. Малыш, к.ф.-м.н., Л.Б. Жирнова, к.т.н.,  
ЗАО "Региональный центр лазерных технологий", рцлт.рф, Екатеринбург, Россия

Отставание отечественной индустрии вызвано медлительностью внедрения лазерных технологий в промышленность. Причина кроется в отсутствии стандартов на технологические процессы сварки, резки, наплавки, термической обработки, маркировки, очистки поверхности металлических материалов, стандартов на термины и определения, касающихся процессов лазерной обработки материалов. Для исправления сложившейся ситуации создана программа на 2019–2023 годы по разработке национальных стандартов на технологические процессы и терминологию лазерной обработки металлов.

**В** Санкт-Петербурге 7–8 июня 2018 года состоялось открытое заседание технического комитета по стандартизации ТК 296 "Оптика и фотоника". На заседании были обсуждены основные цели и задачи развития стандартизации в области оптики и фотоники, в том числе и по направлению деятельности подкомитета ПК 8 "Лазерные производственные технологии".

ПК 8 в составе технического комитета 296 создан в сентябре прошлого года с целью расширения применения в промышленности высокоеффективных технологий лазерной обработки металлических материалов и активизации разработки соответствующих стандартов.

Подкомитет начал свою работу с формирования плана разработки стандартов. Разработка одного из предлагаемых стандартов "Термическая обработка. Лазерное термоупрочнение деталей машиностроения. Технологический процесс" включена в программу национальной стандартизации 2018 года. Разработка проводится по инициативе ООО "Новые технологии лазерного термоупрочнения" за счет собственных средств. В настоящее время идет подготовка первой редакции. Предложение по остальным стандартам переданы в секретариат ТК 296 для включения в перспективную программу работы технического комитета на 2019–2023 годы. Предложение разработано с учетом современного состояния стандартизации в области лазерных технологий обработки металлов.

## 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Оценка состояния стандартизации в области лазерных технологий обработки металлов проведена по данным [1].

В настоящее время в национальную систему стандартизации входят 13 стандартов, касающихся отдельных вопросов технологических процессов лазерной обработки металлических материалов:

1. ГОСТ Р ИСО 3834-1-2007 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 1. Критерии выбора соответствующего уровня требований.
2. ГОСТ Р ИСО 3834-2-2007 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 2. Все сторонние требования к качеству.
3. ГОСТ Р ИСО 3834-3-2007 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 3. Стандартные требования к качеству.
4. ГОСТ Р ИСО 3834-4-2007 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 4. Элементарные требования к качеству.
5. ГОСТ Р ИСО 3834-5-2010 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 5. Доку-



**Таблица 1.** Перечень действующих международных и европейских стандартов, технических отчетов по лазерной обработке металлов

№ п/п	Обозначение и наименование стандарта	Наличие ГОСТ, ГОСТ Р, идентичн. стандарту ISO или EN	Наличие в плане ТК 364 по разраб. идент. станд.
1	ISO 3834-1:2005 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 1. Критерии выбора соответствующего уровня требований	да	–
2	ISO 3834-2:2005 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 2. Всесторонние требования к качеству	да	–
3	ISO 3834-3:2005 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 3. Стандартные требования к качеству	да	–
4	ISO 3834-4:2005 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 4. Элементарные требования к качеству	да	–
5	ISO 3834-5:2015 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 5. Документация, содержащая нормативные ссылки для выполнения требований ISO 3834-2, ISO 3834-3 или ISO 3834-4	да	–
6	ISO/TR3834-6:2007 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 6. Руководство по применению ISO 3834	да	–
7	ISO 12932:2013 Сварка. Гибридная лазерно-дуговая сварка сталей, никеля и никелевых сплавов. Уровни качества для дефектов	–	да
8	ISO 13919-1:1996 Сварка. Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Руководство по оценке уровня качества для дефектов. Часть 1. Сталь	–	да
9	ISO 13919-2:2001 Сварка. Соединения, выполненные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Руководство по уровням качества относительно дефектов. Часть 2. Алюминий и свариваемые алюминиевые сплавы	–	да
10	ISO 15609-4:2009 Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 4. Лазерная сварка	–	да
11	ISO 15609-6:2013 Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 6. Лазерно-дуговая гибридная сварка	да	–
12	ISO 15614-11:2002 Технические требования и аттестация технологий сварки металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 11. Электронно-лучевая и лазерная сварка	да	–
13	ISO 15614-14:2013 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Испытание процедур сварки. Часть 14. Лазерно-дуговая гибридная сварка сталей, никеля и никелевых сплавов	–	–
14	ISO/TR17671-6:2005 Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 6. Лазерная сварка	–	–
15	EN1011-6:2005 Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 6: Лазерная сварка	–	да
16	ISO 22826:2005 Разрушающий контроль швов металлических материалов. Испытания на твердость узких сварных швов, сваренных лазерным и электронным лучом (испытания твердости по Виккерсу и Кнутпу)	да (ГОСТ Р)	да (ГОСТ)
17	EN4678:2011 Аэрокосмическая серия. Сварные и паяные детали для аэрокосмических конструкций. Соединения металлических материалов при лазерной сварке. Качество сварных соединений	да	–
18	ISO 9013:2017 Резка тепловая. Классификация резов, полученных тепловым способом. Геометрические характеристики изделий и допуски на характеристики	–	–
19	ISO 17658:2002 Сварка. Дефекты реза при кислородной, лазерной и плазменной резке. Терминология	–	–
20	ISO/IEC TR24720:2008 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных. Руководство по прямому маркированию изделий	–	–
21	EN2812:2009 Аэрокосмическая серия. Зачистка электрических проводов	–	–

Примечание: в таблицу 1 не включены стандарты EN, идентичные стандартам ISO



- менты, требования которых нужно удовлетворять для того, чтобы подтвердить соответствие требованиям ИСО 3834-2, ИСО 3834-3 или ИСО 3834-4.
6. ГОСТ Р 55143-2012 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 6. Руководство по внедрению ИСО 3834.
  7. ГОСТ ISO 15609-6-2016 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 6. Лазерно-дуговая гибридная сварка.
  8. ГОСТ ISO 15614-11-2016 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Проверка процедуры сварки. Часть 11. Электронно-лучевая и лазерная сварка.
  9. ГОСТ 28915-91 Сварка лазерная импульсная. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
  10. ГОСТ Р ИСО 22826-2012 Испытания разрушающие сварных швов в материалах с металлическими свойствами. Испытание на прочность узких сварных соединений, полученных лазерной сваркой и электронно-лучевой сваркой (Определение твердости по Виккерсу и Кнупу).
  11. ГОСТ EN4678-2016 Авиационно-космическая серия. Сварные и паяные изделия для авиационно-космических конструкций. Соединения металлических материалов, выполненные лазерной сваркой. Качество сварных изделий.
  12. ГОСТ Р 51839.1-2001 Защитные технологии. Средства защиты. Маркировка лазерная. Классификация. Общие технические требования.
  13. ГОСТ Р 57302-2016 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных. Прямое маркирование изделий. Требования к качеству символов Data Matrix, полученных интрузивным маркированием.

По тематике 11 стандартов из 13 относятся к лазерной сварке и 2 – к лазерной маркировке, 10 стандартов идентичны стандартам ISO и EN (9 и 1 стандарт соответственно). По другим технологическим процессам лазерной обработки, широко применяемым в промышленности: лазерной резке, лазерной наплавке, лазерной термической обработке, – стандартов нет.

Перечень действующих международных и европейских стандартов, технических отчетов, имеющих отношение к лазерной обработке металлов, составлен по данным [1-3] и приведен в табл. 1. В таблице отмечены стандарты ISO и EN, на основе которых уже разработаны ГОСТ и ГОСТ Р. Кроме того, приведены данные по плану работ ТК 364 "Сварка и родственные процессы" [4] в области лазерной обработки металлических материалов. Всего ТК 364 предполагает разработать в ближайшие годы 6 стандартов, идентичных стандартам ISO (5 стандартов) и EN (1 стандарт), все стандарты – по лазерной сварке. В случае реализации программы техническим комитетом 364 практически по всем стандартам ISO и EN в области лазерной сварки металлов будут разработаны идентичные им ГОСТ и ГОСТ Р.

Следует заметить, что прямое применение стандартов, идентичных международным стандартам, бывает затруднительным. Например, стандарт ГОСТ ISO 15609-6-2016 по лазерно-дуговой гибридной сварке содержит перечень влияющих на качество и свойства сварных соединений параметров сварки, которые должны быть приведены в технических требованиях. Однако из пяти необходимых для применения стандарта ссылочных международных стандартов только по двум имеются соответствующие национальные стандарты.

Обобщенные сведения по стандартизации в области лазерной обработки металлов приведены в табл. 2. Согласно приведенным данным подавляющее большинство стандартов по лазерной обработке металлических материалов относятся к сварке. При этом аспектами стандартизации являются главным образом менеджмент качества, технические требования к процедуре и проверка процедуры сварки, оценка качества. Стандарты на технологические процессы сварки, резки, наплавки, термической обработки, маркировки, очистки поверхности металлических материалов, стандарты на термины и определения, касающиеся процессов лазерной обработки материалов, отсутствуют.

## 2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПК 8 В ПЕРСПЕКТИВНУЮ ПРОГРАММУ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА 296

Для исправления сложившегося положения ПК 8 разработано предложение в перспективную программу ТК 296 на 2019–2023 годы по разработке национальных стандартов на технологические

# РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



**ЗАО «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»  
СОЗДАНО В 1997 Г. ПРИ АКТИВНОЙ ПОДДЕРЖКЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА И ГУБЕРНАТОРА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ. ЧИСЛЕННОСТЬ СОТРУДНИКОВ 210 ЧЕЛОВЕК.**

**ЗАО «РЦЛТ» СПЕЦИАЛИЗИРУЕТСЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛЕЙ, ТИТАНОВЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И ВЫСОКОТОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЛИСТОВОГО, ТРУБНОГО И СОРТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА:**

- 3Dлазерная резка (титановые и алюминиевые сплавы, конструкционная и нержавеющая сталь – толщиной до 20мм.);
- 2Dлазерная резка листового металлоконструкций размером 1500х3000мм толщиной до 25мм., и трубного металлоконструкций диаметром до 440мм;
- 3D лазерная сварка (глубина сварного шва - до 10 мм.);
- штамполазерная обработка;
- высокоточная гибка листового металлоконструкций;
- лазерная перфорация листового и трубного проката;
- лазерное поверхностное термо-прочнение деталей;
- перфорация металлических листов с использованием механической штамповки;
- лазерная наплавка (в т.ч. восстановление форм и штампов);
- изготовление нестандартных металлоконструкций, узлов и деталей механизмов по чертежам и образцам Заказчика (в т.ч. по чертежам зарубежных фирм);
- высокоточная высокоскоростная механообработка;
- сборка и сварка крупногабаритных высокоточных металлоконструкций;
- разработка конструкторской и технологической документации.



## ИЗГОТОВЛЯЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ:

корпусные детали, изделия для предприятий ОПК, металлургических и машиностроительных предприятий, РЖД, строительных и монтажных организаций; металлические электрошкафы, бытовые шкафы, стеллажи, сейфы, мебель; крупногабаритные высокоточные металлоконструкции весом до 15 тонн; изделия хозяйствственно-бытового назначения, сувенирная продукция и многое другое.



Предприятие оснащено 4 лазерными комплексами TRUMPF (Германия), лазерным комплексом LVD (Бельгия), 2 роботизированными лазерными комплексами IPG мощностью 10 и 0,5 кВт на базе роботов KUKA (Германия), 2 сварочными роботами FANUK (Япония) и KUKA, листогибочными прессами LVD и TRUMPF, высокоточными механообрабатывающими комплексами фирмы MAZAK (Япония) и CORREA FOX-50 (Испания).



основан в 1997 году

Екатеринбург,  
ул. Луначарского, 31,  
8 800 550 660 9,  
+7 (343) 272 30 80,  
[mail@ural-lazer.ru](mailto:mail@ural-lazer.ru), [rclt.ru](http://rclt.ru)



Таблица 2. Обобщенные сведения по стандартизации в области лазерной обработки металлов

Содержание стандартов	Количество действующих стандартов, технических отчетов				Количество стандартов, идентичных стандартам ISO и EN, планируемых к разработке в ТК 364			
	ГОСТ, ГОСТ Р		ISO	EN				
	Всего	в т.ч. стандартов, идентичных стандартам						
Сварка, в т. ч.:	11	9	1	15	2	6		
• менеджмент качества в области сварки плавлением, включая лазерную сварку	6	6	—	6	—	—		
• оценка качества сварных соединений по дефектам	—	—	—	3	—	3		
• технические требования к процедуре сварки	1	1	—	2	—	1		
• проверка процедуры сварки	1	1	—	2	—	—		
• рекомендации по сварке	—	—	—	1	1	1		
• сварные соединения (типы, конструктивные элементы и размеры, испытания, качество)	3	1 (ГОСТ Р)	1	1	1 (ГОСТ)	—		
Резка, в т. ч.:	0	—	—	2	0	—		
• классификация резов, геометрические характеристики, допуски	—	—	—	1	—	—		
• дефекты реза, терминология	—	—	—	1	—	—		
Термическая обработка	0	—	—	0	0	—		
Маркировка, нанесение надписей, в т. ч.:	2	—	—	1	0	—		
• виды классификаций лазерной маркировки и технологических процессов ее нанесения	1	—	—	—	—	—		
• технические требования к технологиям маркирования, в т. ч. лазерной технологии	1	—	—	1	—	—		
Очистка поверхностей, в т. ч.:	0	—	—	0	1	—		
• очистка электрических проводов, в т. ч. лазерная	—	—	—	—	1	—		
Итого:	13	9	1	18	3	6		

Примечание: в таблицу 2 не включены стандарты EN, идентичные стандартам ISO

процессы и терминологию лазерной обработки металлов (табл. 3).

В предложение включено 15 проектов стандартов по лазерной термической обработке, лазерной наплавке, лазерной сварке, лазерной резке, лазерной очистке и лазерной маркировке. Аспектами стандартизации в 11 проектах является технологический процесс (ТП), в 2 – терминология, в 2 – материалы, применяемые для реализации ТП, в 1 – дефекты и оценка качества.

В стандартах на технологические процессы в отличие от других видов стандартов, например на продукцию, в соответствии

с ГОСТ 1.5-2001 будут установлены требования к оборудованию и материалам, применяемым в ТП, последовательность выполнения технологических операций, требования к технологическим режимам, методы контроля качества ТП. Требования безопасности при выполнении ТП с применением лазерного излучения должны содержать, кроме прочего, требования по лазерной безопасности, применению средств защиты от лазерного излучения, квалификации персонала. Оператор для работы на лазерном технологическом оборудовании должен пройти специальное обучение безопас-



**Таблица 3.** Предложение ПК 8 в перспективную программу ТК 296 по разработке национальных стандартов на 2019–2023 годы.

№ п/п	Наименование проекта	Организация-разработчик
1	Термическая обработка. Лазерная термическая обработка титановых и алюминиевых сплавов. Технологический процесс	ООО "Новые технологии лазерного термоупрочнения"
2	Термическая обработка. Лазерное поверхностное легирование сталей и сплавов. Технологический процесс	ООО "Новые технологии лазерного термоупрочнения"
3	Наплавка. Лазерная наплавка металлическими материалами. Термины и определения	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
4	Наплавка. Технические требования к процедуре лазерной наплавки металлическими материалами	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
5	Наплавка. Рекомендации по лазерной наплавке металлическими материалами	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
6	Очистка поверхности. Рекомендации по лазерной очистке поверхности металлических материалов	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
7	Сварка. Лазерная сварка металлических материалов. Термины и определения	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
8	Сварка. Лазерная сварка титановых сплавов. Технологический процесс	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
9	Сварка. Лазерная сварка алюминиевых сплавов. Технологический процесс	ООО "Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии"
10	Термическая резка. Лазерная резка сталей. Технологический процесс	ЗАО "Региональный центр лазерных технологий"
11	Термическая резка. Лазерная резка цветных металлов и сплавов. Технологический процесс	ЗАО "Региональный центр лазерных технологий"
12	Маркировка. Лазерная маркировка металлических изделий. Технологический процесс	ООО "Лазерный центр"
13	Материалы для лазерной наплавки. Технические требования.	ФГАОУВО "Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина"
14	Материалы для лазерной сварки. Технические требования.	ФГАОУВО "Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина"
15	Термическая резка. Лазерная резка металлических материалов. Дефекты и оценка качества	ФГАОУВО "Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина"

ности труда, обучение работе на конкретном оборудовании в установленном на предприятии порядке, аттестацию на группу по электробезопасности при работе на электроустановках с соответствующим напряжением.

Главная задача ПК 8 – обеспечение предприятий промышленности стандартами на технологические процессы лазерной обработки металлов. Для ее решения в подкомитет были приглашены и согласились работать ведущие организации страны в области лазерной сварки, резки, наплавки, термической обработки, маркировки. Коллективы этих организаций за многие годы деятельности накопили большой опыт разработки и применения лазерных технологий,

который может быть использован при реализации перспективной программы по разработке стандартов.

Главная проблема ПК 8, технического комитета ТК 296, да и многих организаций, занимающихся стандартизацией, – недостаточное финансирование работ. Это выяснилось в процессе обсуждения предложений с представителями организаций, входящих в ТК 296, а также с представителями промышленных предприятий – потенциальных пользователей разрабатываемых стандартов. Определяющим моментом исполнения программы в полном объеме и в срок будет решение вопроса бюджетного финансирования разработок.



### 3. ОТРАСЛЕВАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Отраслевые стандарты (ОСТ) используются на многих предприятиях при производстве и сдаче продукции, в том числе и ВП. Поэтому вопрос ограничения срока действия ОСТ в соответствии с федеральным законом от 19.06.2015 года № 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации" и их перевода в национальные стандарты волнует многих производителей. Это показывают и выступления представителей организаций на открытом заседании технического комитета.

При наличии нескольких ОСТ, относящихся к одному технологическому процессу, для исключения дублирования целесообразно проводить разработку на их основе одного национального стандарта.

Так, по технологическим процессам лазерной сварки металлических материалов согласно данным [1, 5, 6] в РФ имеются следующие отраслевые стандарты:

1. ОСТ 180181-84 Сварка лазерная изделий. Типовой технологический процесс
2. ОСТ 11 14.5014-86 Изделия электронной техники. Технологический процесс лазерной сварки
3. ОСТ 92-1741-90 Сварка и сваркопайка лазерная импульсная. Типовой технологический процесс
4. ОСТ 4 Г0.054.329-85 Сварка лазерная в производстве радиоэлектронных изделий. Типовой технологический процесс
5. ОСТ 4 Г0.010.228-83 Отраслевая система технологической подготовки производства. Сборочно-сварочное производство. Лазерная сварка. Методические указания по применению
6. ОСТ 3-6629-91 Сварка лазерная импульсным излучением. Требования к технологическому процессу
7. ОСТ 16-0.686.766-79 Отраслевая единая система технологической подготовки производства. Машины электрические малой мощности специального применения. Детали (сборочные единицы). Сварка лазерная. Типовой технологический процесс
8. ОСТ 3-4001-91 Конструкции сварные. Общие требования к изготовлению (в т. ч. конструкции, изготовленные с применением лазерной сварки).

Стандарты ОСТ 180181-84, ОСТ 11 14.5014-86, ОСТ 92-1741-90 и ОСТ 4 Г0.054.329-85 относятся к технологическому процессу лазерной сварки, приме-

няемому при производстве электронной и радиоэлектронной техники. На их основе может быть разработан один национальный стандарт.

При обсуждении вопроса о переводе отраслевых стандартов в национальные стандарты со специалистами организаций-разработчиков ОСТ выяснилось, что основными сдерживающими моментами являются отсутствие какого-либо документа вышестоящей организации о проведении работ, отсутствие в ряде организаций соответствующих специалистов, недостаточность финансирования.

ПК 8 поддерживает инициативу заместителя председателя ТК 296 И. В. Хлопониной [7] о направлении обращения в Минпромторг с предложением разработать программу перевода части ОСТ в ГОСТ Р. В программе установить критерии выбора ОСТ для перевода в ГОСТ Р, порядок проведения и условия финансирования работ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ" // [www.standards.ru/default.aspx](http://www.standards.ru/default.aspx).
2. Международная организация по стандартизации ИСО // [www.iso.org/ru/home.html](http://www.iso.org/ru/home.html).
3. Европейский Комитет по стандартизации CEN // [www.cen.eu/Pages/default.aspx](http://www.cen.eu/Pages/default.aspx).
4. Технический комитет по стандартизации ТК 364 // [tk364.naks.ru](http://tk364.naks.ru).
5. Нормативные документы, разработанные предприятиями отрасли (по состоянию на 1 июля 2000 года). Указатель нормативных документов отрасли. Часть 1. ФГУП "ЦНИИ "Комплекс", 2000.
6. Отраслевые стандарты. Указатель. В 2 т. Издательство стандартов, 2001.
7. Хлопонина И. В. Проблемы стандартизации в области оптики и фотоники. – Лазер-Информ, 2018, № 9, с. 4–7.
1. STANDARTINFORM. URL // [www.standards.ru/default.aspx](http://www.standards.ru/default.aspx).
2. International Organization for Standardization, ISO. URL: <https://www.iso.org/ru/home.html>.
3. Comité Européen de Normalisation, CEN // [www.cen.eu/Pages/default.aspx](http://www.cen.eu/Pages/default.aspx).
4. Texnicheskij komitet po standartizacii TK 364 // [tk364.naks.ru](http://tk364.naks.ru).
5. Normativnye dokumenty, razrabotannyye predpriyatiyami otrassli (po sostoyaniyu na 1 iyulya 2000 goda). Uzakatel` normativnyx dokumentov otrassli. Chast` 1. FGUP "CzNII "Kompleks", 2000.
6. Otraslevye standarty. Uzakatel`. V 2 t. Izdatel`stvo standartov, 2001.
7. Khlopolina I. V. Problemy standartizacii v oblasti optiki i fotoniki. – Lazer-Inform, 2018, № 9, p. 4–7.