

УДК 620.1

Е.И. Косарина¹, А.С. Генералов¹, А.А. Демидов¹

ПРОБЛЕМЫ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ РФ В ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-11-86-92

Для государственной и международной ISO систем стандартов приведены требования по режимам, параметрам и средствам контроля. Показана разница в построении документов. Проведен анализ радиационного контраста при формировании радиационного изображения и оптического контраста при преобразовании радиационного изображения в оптическое, получаемых по требованиям ГОСТ и ISO, – результаты сравнивали между собой.

Результаты сравнения показали, что при соблюдении требований по российским стандартам формируется радиационное изображение с более высоким радиационным контрастом, при этом оптический контраст рентгенографического изображения несколько ниже, чем оптический контраст изображения по требованиям в системе ISO. Качество получаемых по разным нормативным документам рентгеновских снимков на конечном этапе приблизительно одинаковое.

Ключевые слова: государственная система стандартов, международная система стандартов, объект контроля, чувствительность контроля, энергия излучения, фокусное расстояние, радиографическая пленка.

E.I. Kosarina¹, A.S. Generalov¹, A.A. Demidov¹

QUESTIONS OF X-RAY NON-DESTRUCTIVE TESTING IN RUSSIAN STATE STANDARDIZATION SYSTEM

Requirements for modes, parameters and test equipment for state and international systems of standards are given. The difference in the structure of state and international documents is shown. The analysis of the radiation contrast in the formation of the radiation image and the optical contrast in the conversion of the radiation image into optical, obtained according to the requirements of GOST and ISO. The obtained values were compared with each other.

The results of the comparison showed that in compliance with the requirements of Russian standards, a radiation image with a higher radiation contrast is formed, while the optical contrast of the x-ray image is slightly lower than the optical contrast of the image according to the requirements in the ISO system. The quality of the x-ray images obtained according to different normative documents is approximately the same at the final stage.

Keywords: state system of standards, international system of standards, test object, sensitivity, radiation energy, focal length, radiographic film.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Для успешной реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» важен радиационный неразрушающий

контроль (НК), от состояния которого (оснащения средствами, нормативными документами и квалифицированными специалистами, владеющими знаниями этих нормативных документов) во многом зависит эффективность оценки качества выпускаемой продукции [1–4].

В производстве авиационной техники одним из основных методов НК является рентгеновский с применением радиографической пленки. В настоящее время производство выпускаемой продукции требует ее соответствия международным нормам, и, следовательно, технология НК, в частности радиографического, должна соответствовать требованиям международных стандартов, которые отличаются от отечественных стандартов [5, 6]. Перед специалистами радиационного НК возникают следующие проблемы:

- каким образом достичь гармонизации между российской системой и системой ISO;
- надо ли их гармонизировать или просто ввести систему ISO в практику радиационного контроля, исключив российскую систему полностью;
- ввести систему ISO в ГОСТ Р и определить ее существование независимо от действующих государственных стандартов;
- создать новую российскую систему стандартов, представляющую собой симбиоз существующих систем.

В России с 2012 г. с уточнением в 2014 г. действуют ГОСТ 1.5–2012 [7] и ГОСТ 1.7–2014 [8], изучение которых показало, что возможно создание стандартов предприятия (СТП) с внедрением в них отдельных регламентов из системы ISO.

Технология рентгеновского НК более других методов регламентирована нормативными документами. В настоящее время происходит интенсивное внедрение в практику НК зарубежных стандартов, в частности ISO. Международная организация ISO занимается стандартизацией во многих областях хозяйственной, производственной и общественной деятельности, в частности в области НК [9–11].

Рентгенографический метод неразрушающего контроля и его стандартизация

Изучение международной системы стандартов ISO по радиационному НК показало, что они по некоторым требованиям совпадают с требованиями государственной системы стандартов ГОСТ, а в некоторых случаях отличаются от нее, но значительные противоречия отсутствуют. По ISO существует целый ряд документов, определяющих условия проведения контроля и расшифровки радиационных изображений (табл. 1).

Основополагающим для проведения радиационного контроля является ISO 5579–2013, для сварных соединений – ISO 17636-1–2013. Эти стандарты регламентируют энергию излучения, классы радиографических пленок, выбор фокусного расстояния, оптическую плотность снимка. Для разработки технологической карты контроля (ТКК) любого объекта необходимо кроме них иметь в распоряжении нормативные документы: ISO 11699-1–2008, ISO 19232-1–2013, ISO 19232-2–2013, ISO 19232-3–2013 и ISO 19232-4–2013. При расшифровке рентгеновских снимков сварных соединений следует использовать стандарты ISO 10675-1–2008 и ISO 10675-2–2010.

Для проведения рентгенографического контроля сварных соединений по государственной системе стандартизации (ГСС) необходимы ГОСТ 7512–82, ГОСТ 20426–82 и ГОСТ 23055–78 (табл. 2).

Таблица 1

Перечень нормативных документов ISO по радиационному контролю	
Номер документа	Название
ISO 5579–2013	Неразрушающий контроль. Радиографический контроль металлических материалов с применением пленки и рентгеновского или гамма-излучения. Основные правила
ISO 17636-1–2013	Неразрушающий контроль сварных швов. Радиографический контроль.
ISO 10675-1–2008	Неразрушающий контроль сварных швов. Уровни приемки для радиографического контроля. Часть 1. Сталь, никель, титан и их сплавы
ISO 10675-2–2010	Неразрушающий контроль сварных швов. Уровни приемки для радиографического контроля. Часть 2. Алюминий и его сплавы
ISO 10893-6–2011	Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 6. Радиографический контроль шва сварных стальных труб для обнаружения дефектов
ISO 11699-1–2008	Контроль неразрушающий. Рентгенографические пленки для промышленной радиологии. Часть 1. Классификация пленочных систем для радиологии
ISO 19232-1–2013	Неразрушающий контроль. Качество радиографических снимков. Часть 1. Индикаторы качества изображения (проволочные). Определение показателя качества изображения
ISO 19232-2–2013	Неразрушающий контроль. Качество радиографических снимков. Часть 2. Индикаторы качества изображения (ступенчатый клин с отверстиями). Определение показателя качества изображения
ISO 19232-3–2013	Неразрушающие испытания. Качество радиографических снимков. Часть 3. Классы качества изображения
ISO 19232-4–2013	Неразрушающие испытания. Качество радиографических снимков. Часть 4. Экспериментальная оценка показателей качества изображения и таблицы качества изображения
ISO 19232-5–2013	Неразрушающие испытания. Качество радиографических снимков. Индикаторы качества изображения (сдвоенная проволока). Определение показателя нерезкости изображения

Таблица 2

Перечень ГОСТ по радиационному контролю	
Номер документа	Название
ГОСТ 7512–82	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод [12]
ГОСТ 20426–82	Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения [13]
ГОСТ 23055–78	Контроль неразрушающий. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля [14]

Все три основополагающих стандарта гармонично связаны между собой, поскольку в них отражены прежде всего физические основы взаимодействия излучения с веществом [15–17]. Так, в ГОСТ 23055–78 представлена информация о размерах недопустимых дефектов в зависимости от толщины объектов контроля (ОК) для семи классов сварных соединений, а ГОСТ 7512–82 содержит требования по чувствительности контроля. Причем абсолютная чувствительность контроля – минимальный элемент эталона чувствительности, видимый на рентгеновском снимке, должен быть в 2 раза меньше, чем предельно допустимый дефект, регламентируемый в ГОСТ 23055–78. В ГОСТ 7512–82 три класса чувствительности распространяются на семь классов сварных соединений (по ГОСТ 23055–78) следующим образом:

– к первому классу чувствительности относятся сварные соединения первого класса;

- ко второму классу чувствительности относятся сварные соединения второго, третьего и четвертого классов;
- к третьему классу чувствительности относятся сварные соединения пятого, шестого и седьмого классов.

Таким образом, для сварных соединений 3–7 классов с допустимыми относительно большими дефектами требования по чувствительности более жесткие. В ГОСТ 20426–82 регламентируется выбор энергии излучения в зависимости от материала ОК и его толщины: информация для разработки технологической карты контроля – основного документа дефектоскописта, проводящего контроль, представлена полностью. Исходными данными для ОК являются его размеры, предельно допустимый дефект и материал. Исходя из размеров осуществляют схему контроля. По размеру предельно допустимого дефекта определяют чувствительность контроля и, следовательно, эталон чувствительности. Энергию излучения определяют по ГОСТ 20426–82 в зависимости от материала ОК и его радиационной толщины. Остальные режимы и параметры контроля определяют исходя из условий, в которых этот контроль осуществляют.

Стандарты ISO имеют несколько иное построение. Так, ISO 5579–2013 содержит основные правила по выбору схем контроля, энергии излучения, фокусного расстояния, чувствительности контроля, радиографических пленок, которые повторяются и в ISO 17636-1–2013, и в других стандартах ISO, регламентирующих радиационный контроль изделий из разных материалов.

Если следовать требованиям стандартов ISO и ГОСТ, то конечные результаты радиографического контроля идентичны. Замена одной системы стандартов на другую принципиально возможна, но только если эта замена будет осуществлена полностью.

Однако государственная система стандартизации (ГСС) РФ предлагает следующие варианты использования региональных и международных стандартов:

- принятие аутентичного (подлинного или достоверного) текста международного стандарта в качестве национального российского нормативного акта (ГОСТ Р) без изменений и дополнений;
- принятие текста международного стандарта, содержащего дополнения, учитывающие особенности российских условий и требований к объекту стандартизации – например, ГОСТ ISO 9001 или ГОСТ ISO 14001,
- и далее: «Если на национальном уровне не принят общероссийский стандарт, аналогичный тому или иному международному стандарту, то отрасли, предприятия, научные объединения и другие российские структуры могут применять международные стандарты в качестве стандартов отраслей и предприятий. Кроме того, ГСС РФ допускает при создании стандартов предприятий включать отдельные пункты из международных стандартов».

Для стандартов по радиационному НК, которые регламентируют качество ответственных изделий, такое положение считается недопустимым.

Проведено сравнение требований отечественной системы ГОСТ и соответствующей ей системы ISO. Ранее проведено аналогичное сравнение отечественной системы с Европейской системой стандартов EN [18]. Для того чтобы гарантировано обнаружить в изделии недопустимые по техническим условиям дефекты, достаточно иметь в распоряжении ГОСТ 7512, ГОСТ 20426 и ГОСТ 23055. Пользуясь перечисленными документами, можно сделать оптимальный выбор средства контроля, а также разработать его режимы и параметры. Пользуясь стандартами ISO 5579–2013 и ISO 17636-1–2013, можно в конечном счете достичь аналогичных результатов. Однако на промежуточных стадиях выбора режимов, параметров и средств контроля существуют некоторые различия.

Требования по чувствительности в ISO 17636-1–2013 более высокие, чем в ГОСТ 7512–82. Для объектов контроля, толщина которых 5 мм и менее, по ГОСТ 7512–82 чувствительность контроля составляет 0,10 мм; по ISO 17636-1–2013 для изделий толщиной 1,5 мм и менее – чувствительность составляет 0,05 мм; для изделий, толщина которых более 1,5 мм и до 2,5 мм, – чувствительность 0,063 мм; для изделий свыше 2,5 мм и до 4,0 мм – чувствительность составляет 0,08 мм. Это связано с тем, что по ГОСТ 7512–82 чувствительность определяли по канавочному эталону, минимальный элемент которого (самая мелкая глубина канавки) составляет 0,1 мм. За рубежом наиболее популярными являются более объективные проволочные индикаторы качества изображения, у которых размер минимального элемента (проволоки с минимальным диаметром) составляет 0,05 мм, причем проволочные индикаторы качества изображения выполнены из разных материалов: алюминий, титан, железо, медь.

Регламент по анодному напряжению, изложенный в ГОСТ 20426–82, – более жесткий, что обеспечивает формирование радиационного контраста в среднем выше в 1,53 раза в диапазоне толщин ОК из стали от 3 до 20 мм – для сварных соединений 1 класса, что соответствует классу В по ISO 17636-1–2013.

Критерий выбора фокусного расстояния в ГОСТ 7512–82 состоит в том, что геометрическая нерезкость должна быть в 2 раза меньше абсолютной чувствительности контроля. Фокусное расстояние определяет четкость снимка: чем больше фокусное расстояние, тем меньше геометрическая нерезкость снимка, тем выше четкость. При выполнении этого условия фокусные расстояния, выбранные в соответствии с ГОСТ 7512–82, всегда больше, и, следовательно, геометрическая нерезкость меньше, чем соответствующие параметры, выбранные и полученные при контроле по ISO 17636-1–2013 [19].

В ISO 17636-1–2013 регламентируется использование радиографических высококонтрастных пленок классов С3 и С4 с минимальной оптической плотностью рентгенограмм 2,3 Б, чем достигается более высокий оптический контраст, и, таким образом, нивелируются потери радиационного контраста. Минимальная оптическая плотность по ГОСТ 7512–82 составляет 1,5 Б, что соответствует участку характеристической кривой с меньшим градиентом, следовательно, оптический контраст снимка ниже, чем по ISO 17636-1–2013, который регламентирует высококонтрастные радиографические пленки классов С3 и С4 [20]. Рентгенограммы, выполненные на них, будут иметь заведомо высокий оптический контраст. В ГОСТ 7512–82 не регламентируются классы радиографических пленок, т. е. возможно применение не контрастных, но чувствительных к излучению пленок, экспонирование которых до необходимой оптической плотности осуществляется быстрее, чем высококонтрастных пленок [21].

Фокусное расстояние в системе ГОСТ регламентировано более жестко, чем в системе ISO, следовательно, продолжительность экспонирования увеличивается с ростом фокусного расстояния, поскольку доза излучения, исходящая от источника, падает обратно пропорционально квадрату расстояния [22–24].

Таким образом, любое предприятие при разработке своего стандарта, руководствуясь критерием производительности, может создать выгодное для него сочетание из ГОСТ и ISO, а именно:

- менее жесткие требования по чувствительности взять из ГОСТ 7512–82;
- требования по выбору энергии излучения, допускающие более высокие значения анодного напряжения, и потому менее продолжительное экспонирование, – из ISO 17636-1–2013, но при этом радиационный контраст будет ниже;
- фокусное расстояние выбирать по номограммам из ISO 17636-1–2013 – допускаются меньшие значения фокусного расстояния, и потому возможно менее продолжительное экспонирование, но при этом четкость снимка ухудшается;

- игнорировать раздел ISO 17636-1–2013, касающийся выбора радиографических пленок классов С3 и С4, так как работа с этими классами пленок более трудоемкая;
- не добиваться рентгенографических изображений с оптической плотностью 2,3 Б;
- для оценки чувствительности использовать не проволоочный индикатор качества изображения, а менее объективный канавочный эталон чувствительности.

Качество полученных рентгенограмм будет хуже, но при этом оно будет удовлетворительным согласно требованиям стандарта предприятия. Так, возможен пропуск недопустимых дефектов. Введение такого «стандарта» не способствует повышению качества продукции, хотя нарушений при его создании не было.

В системе ГОСТ всегда четко определена иерархическая структура стандартов: ГОСТ→ОСТ→производственная инструкция (ПИ) головного предприятия→стандарт предприятия→технологическая карта контроля (ТКК). Все последующие нормативные документы не должны противоречить предыдущим и могут содержать более жесткие требования к выбору режимов и параметров контроля. Таким образом, для проведения рентгеновского контроля на предприятиях авиационной промышленности регламентом была производственная инструкция ПИ1.2.226–83, а с 2008 г. – ПИ1.2.226–2008 (с изменениями 2018 г.) [25].

Заключения

1. Системы ГОСТ и ISO не противоречат друг другу. Если проводить контроль только по ГОСТ или только по ISO с выполнением всех требований, то качество конечного продукта контроля – радиографического снимка – получается одинаковым. В системе ГОСТ предъявляются более жесткие требования к радиационному изображению, в системе ISO – к оптическому изображению.

2. В России по радиационному НК нужна жесткая система стандартизации, которая может быть заимствована в системе ISO или быть сугубо российской, содержащей некоторые непротиворечивые положения ISO, но основополагающий стандарт должен быть утвержден соответствующим комитетом Росстандарта и выполнение его требований должно быть обязательным для всех отраслей и предприятий промышленности, при этом недопустима компиляция из двух систем стандартов ГОСТ и ISO.

3. В ГОСТ 7.1–2014 показана процедура внедрения системы ISO в ГОСТ Р и ничего не сказано о действующих государственных стандартах – будут ли они аннулированы или будут сосуществовать параллельно с системой ГОСТ Р ISO. В этом вопросе необходима четкая определенность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33 DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // Интеллект и технологии. 2016. №2 (14). С. 16–21.
3. Каблов Е.Н. Из чего сделать будущее? Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций // Вестник РФФИ. 2017. №3. С. 97–105.
4. Каблов Е.Н. Становление отечественного космического материаловедения // Крылья Родины. 2016. №5. С. 8–18.
5. Оспенникова О.Г., Лукин В.И., Афанасьев-Ходыкин А.Н., Галушка И.А., Шевченко О.В. Перспективные разработки в области высокотемпературной пайки жаропрочных сплавов //

- Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 144–158. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-144-158.
6. Оспенникова О.Г. Итоги реализации стратегических направлений по созданию нового поколения жаропрочных литейных и деформируемых сплавов и сталей за 2012–2016 гг. // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 17–23. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-17-23.
 7. ГОСТ Р 1.5–2012. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения. М.: Стандартинформ, 2016. 25 с.
 8. ГОСТ Р 1.7–2014. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила оформления и обозначения при разработке на основе применения международных стандартов. М.: Стандартинформ, 2016. 32 с.
 9. Степанов А.В., Косарина Е.И. Требования рентгенографического неразрушающего контроля в российских и зарубежных стандартах // Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам. 2013. №9. С. 2–7.
 10. Косарина Е.И., Степанов А.В., Крупнина О.А., Демидов А.А. Объективность оценки чувствительности радиационного контроля по эталонам чувствительности, регламентированным ГОСТ 7512 // Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам: ежемесячное приложение к журналу «Все материалы. Энциклопедический справочник». 2016. №5. С. 2–10.
 11. Демидов А.А., Степанов А.В., Турбин Е.М., Крупнина О.А. О режимах рентгеновского контроля, обеспечивающих формирование радиационных изображений с заданным контрастом // Авиационные материалы и технологии. 2016. №4 (45). С. 80–85. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-4-80-85.
 12. ГОСТ 23055–78. Контроль неразрушающий. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля. М.: Изд-во стандартов, 2005. 6 с.
 13. ГОСТ 7512–82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. М.: Стандартинформ, 2008. 18 с.
 14. ГОСТ 20426–82. Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения. М.: Изд-во стандартов, 1991. 24 с.
 15. Соснин Ф.Р. Неразрушающий контроль: справочник: в 7 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2006. Т. 1: Радиационный контроль. 560 с.
 16. Добромислов В.А. Радиационные методы неразрушающего контроля. М.: Машиностроение, 1999. 104 с.
 17. Косарина Е.И. Теоретические аспекты и технология радиационного неразрушающего контроля материалов и изделий авиационной техники: дис. ... докт. техн. наук. М., 2000. 279 с.
 18. Степанов А.В., Косарина Е.И., Саввина Н.А. Сравнение требований рентгеновского контроля и качества рентгенографических снимков в европейских нормах и российских стандартах // Вестник МЭИ. 2011. №4. С. 85–89.
 19. Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Теория и практика радиационного контроля: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Машиностроение, 1998. 170 с.
 20. ISO 11699-1–2008. Контроль неразрушающий. Рентгенографические пленки для промышленной радиографии. М.: Стандартинформ, 2014. Ч. 1: Классификация пленочных систем для радиографии. 14 с.
 21. Величко В.Я. Параметры качества радиографических изображений сварных соединений по новым стандартам ГОСТ ISO 17636-1,2-2017 // В мире неразрушающего контроля. 2018. Т. 21. №3. С. 21–24.
 22. Рентгенотехника: справочник в 2-х кн. / под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1992. 848 с.
 23. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. изд. 2-е. М.: Атомиздат, 1974. 512 с.
 24. Румянцев С.В., Добромислов В.А., Борисов О.И. Типовые методики радиационной дефектоскопии и защиты. М.: Атомиздат, 1979. 197 с.
 25. Румянцев С.В., Штань А.С., Гольцев В.А. Справочник по неразрушающим методам неразрушающего контроля. М.: Энергоатомиздат, 1982. 261 с.