УДК 620 192 63

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Е.И. Косарина, **А.В. Степанов**, **А.А. Демидов**, **О.А.**

ВИАМ, Москва, Российская Федерация
e-mail: kosar@mail.ru; avsavia@yandex.ru; lagazz@yandex.ru;
Fess.m.d@gmail.com; rentgen_lab22@viam.ru

В соответствии с европейскими нормами EN 584-1:2006 радиографические пленки делятся на шесть классов С1-С6. Важной задачей является выявление соответствия радиографической пленки тому или иному классу по соответствующей методике. Такая методика должна позволять определять основные характеристики радиографических пленок, т.е. чувствительность к излучению, контрастность, широту и разрешающую способность. Параметры радиографической пленки определены по характеристической кривой, представляющей собой графическую интерпретацию зависимости оптической плотности от логарифма относительной дозы излучения; разрешающая способность — по дуплексному двухпроволочному индикатору качества изображения. Приведены основные этапы испытания радиографических пленок и выявлено ее соответствие к классам С1–С6.

Ключевые слова: радиографическая пленка, сенситометрические характеристики, чувствительность к излучению, средний градиент, предел разрешения, характеристическая кривая.

RADIOGRAPHIC FILMS TESTING TECHNIQUE

E.I. Kosarina, **A.B. Stepanov**, **A.A. Demidov**, **O.A. Krupnina**

All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials,
Moscow, Russian Federation.
e-mail: kosar@mail.ru; avsavia@yandex.ru; lagazz@yandex.ru;
Fess.m.d@gmail.com; rentgen_lab22@viam.ru

The paper considers European norms EN 584-1:2006 which divide radiographic films into six classes. The important problem is to rank a radiographic film to a particular class according to a suitable technique. This technique allows determining the main characteristics of the radiographic films, such as sensitivity to radiation, width (by a characteristic curve, which is optical density vs. relative radiation dose logarithm), and acutance (according to a duplex two-wire image quality indicator. The article presents the main steps of both radiographic film testing and ranking to classes C1. . . C6.

Keywords: radiographic film, sensitometric characteristics, sensitivity to radiation, average gradient, resolution limit, characteristic curve.

В системе европейских нормативных документов (EN) международных стандартов (ISO) тип выбранной радиографической пленки, используемой в качестве детектора радиационного изображения строго регламентирован в зависимости от требований, предъявляемых к

качеству объекта контроля (ОК), особенно, если речь идет о деталях и узлах двигателя и других элементах летательных аппаратов [1–5].

В европейских нормах определены два класса качества ОК: A- и B. B-класс распространяется на изделия, эксплуатируемые в экстремальных условиях (авиация, космос, атомная энергетика и пр.) Поэтому, проведение радиографического неразрушающего контроля изделий, относящихся к классу B, следует осуществлять с повышенными требованиями чувствительности контроля и разрешающей способностью к выявлению дефектов (EN 444:2000 “Неразрушающий контроль. Общие принципы радиографического контроля металлов с использованием рентгеновского и гамма-излучения”) [6]. Для выполнения требований европейских норм необходимо строго регламентированное использование средств радиографического контроля, в частности радиографических пленок, так как качество радиографического изображения зависит от их свойств.

Согласно EN 584-1:2006 [7] все радиографические пленки в зависимости от свойств подразделяются на 6 классов. Классы пленочных систем определяются по предельным значениям градиента, зернистости и отношения градиент/шум (табл. 1).

Установить полную принадлежность к определенному классу радиографических пленок имеет право, в частности, BAM (Федеральный институт исследования и тестирования материалов) в Германии. Для получения сертификата на соответствие радиографической пленки к тому или иному классу по EN 584-1:2006 и ISO 11699-1:2008 BAM проводит еще целый ряд испытаний по определению ее контрастных свойств, чувствительности радиографической пленки к излучению, минимальному значению отношения градиент/шум, максимальной зернистости [8, 9].

Согласно требованиям указанных стандартов программа сертификации, проводимая BAM, включает в себя типовые испытания продукта: полугодовой регулярный контроль продукции и ежеквартальный контроль производственного процесса. Срок действия сертификата ограничен [1, 2].

В настоящее время из всех радиографических пленок такой сертификат сроком до октября 2015 года имеет фирма Agfa. Для использования в промышленности радиографических пленок фирм Kodak, Fujifilm, Fomadux различные организации проводят испытания пленок в целях определения их характеристик. По результатам испытаний выдают заключения о соответствии характеристик радиографических пленок к тому или иному классу по EN 584-1:2006. Это не означает, что допустим, прошедшая испытание радиографическая пленка IX50 Fujifilm имеет класс C3; она по некоторым характеристикам соответствует классу C3. В РФ существуют несколько фирм, которые берут на

Таблица 1

Рентгеносенситометрические показатели радиографических пленок в зависимости от классов

Класс пленочной системы	Минимальный градиент при оптической плотности, Б		Минимальное отношение градиент/шум G/σ_S при $S = 2$ Б более S_0	Максимальная зернистость $S = 2$ Б выше S_0
	$S = 2$ выше S_0	$S = 4$ выше S_0		
C1	4,5	7,5	300	0,018
C2	4,3	7,4	230	0,020
C3	4,1	6,8	180	0,023
C4	4,1	6,8	150	0,028
C5	3,8	6,4	120	0,032
C6	3,5	5,0	100	0,039

себя ответственность после проведения испытаний давать заключение о принадлежности испытуемых пленок к тому или иному классу. Насколько объективны результаты, полученные при испытаниях, судить трудно, так как большинство заключений содержат только конечный результат и не показывают условия проведения испытаний и используемые при испытаниях аппаратуру и средства.

На нашем предприятии разработана методика проведения испытаний радиографических пленок, определяющая, не только их сенситометрические, но и дефектоскопические свойства. В настоящей статье изложена методика испытаний радиографических пленок и проведен анализ их соответствия характеристикам, получаемым при испытаниях по EN 584-1:2006 [10–13].

Определения чувствительности радиографической пленки к излучению и ее широты. Все характеристики пленок определяют по так называемой характеристической кривой, представляющей собой зависимость оптической плотности от десятичного логарифма относительной. Для промышленных радиографических пленок эту зависимость получают по экспериментальным данным с помощью сенситометра при анодном напряжении 200 кВ и фиксированном значении анодного тока меняют продолжительность экспонирования.

Согласно EN 584-1:2006 эта характеристика называется скоростью и определяется для диффузной оптической плотности $S - S_0 = 2$ Б.

Чувствительностью называют величину, обратную дозе излучения [Гр], которая создает на радиографическом снимке оптическую плотность, равную 2 Б над вуалью. В EN 584-1:2006 чувствительность (скорость) представлена табличной зависимостью $\lg K_s - 1/K_s$.

Известно, что поглощенная и экспозиционная дозы рентгеновского излучения при энергии фотонов до 1 МэВ связаны между собой численной зависимостью: $D_{\text{экс}} = 33{,}8 D_{\text{погл}}$. С другой стороны, $D_{\text{экс}} = 3{,}88 \cdot 10^3 D_{\text{экс}}$. Любой дозиметр измеряет экспозиционную дозу. Экспозиционная доза рентгеновского излучения пропорциональна величине

$$D_0 = \frac{k_{\text{апп}} U^2 I t}{F^2},$$

где $k_{\text{апп}}$ — некоторая константа (аппаратный коэффициент, зависящий от схемы питания рентгеновской трубки); U — анодное напряжение; I — анодный ток; t — продолжительность экспозиции; F — фокусное расстояние: расстояние от анода рентгеновской трубки до радиографической пленки. За слоем поглотителя экспозиционная доза рентгеновского излучения определяется выражением

$$D = D_0 e^{-\mu d} B,$$

где μ — линейный коэффициент ослабления излучения материалом поглотителя; d — толщина слоя поглотителя в направлении оси пучка излучения; B — фактор накопления рассеянного излучения. Для определения чувствительности радиографической пленки к излучению необходимо получить рентгенограммы с изображением специально изготовленных испытательных образцов (табл. 2).

Таблица 2

Параметры испытательных образцов

Стальной ступенчатый клин № 1							
Номер ступеньки	1	2	3	4	5	6	7
Толщина ступеньки, мм	2	4	6	8	10	12	14
Стальной ступенчатый клин № 2							
Номер ступеньки	1	2	3	4	5	6	7
Толщина ступеньки, мм	14	18	22	26	30	34	38
Ступенчатый клин из магниевого сплава							
Номер ступеньки	1	2	3	4	5	6	7
Толщина ступеньки, мм	3	6	12	15	19	24	28

В каждой ступеньке клина выполнены шесть цилиндрических лунок, глубина которых составляет 1 %; 2 %; 3 %; 5 %; 7 %; 10 % толщины ступеньки (рис. 1).

Схема экспонирования представлена на рис. 2.

Условия экспонирования испытательных образцов и получения рентгенограмм:

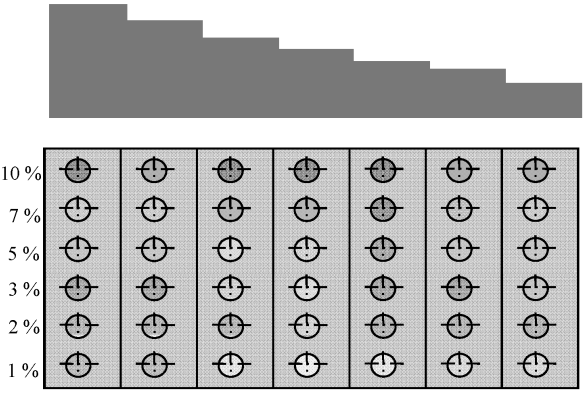

Рис. 1. Эскиз испытательных образцов

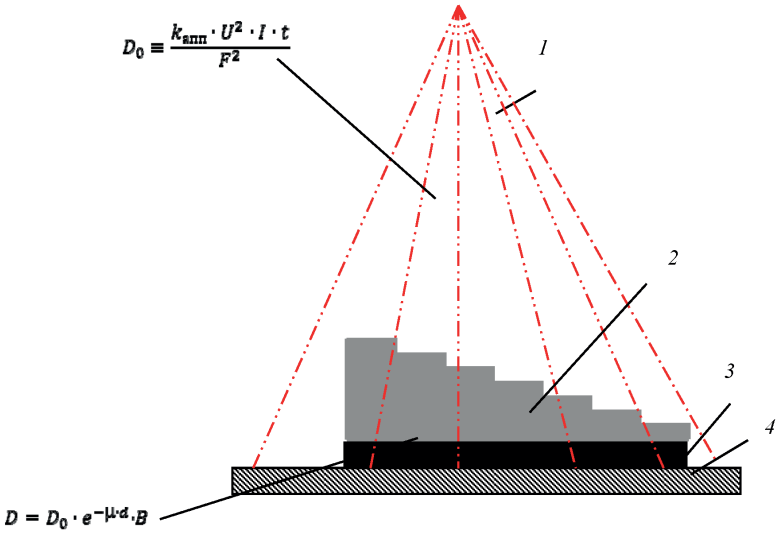

Рис. 2. Схема экспонирования образцов:
1 — рентгеновское излучение; *2* — образцы № 1 или № 2; *3* — кассета с испытуемой радиографической пленкой; *4* — защитный экран

— стальной образец № 1: анодное напряжение 120 кВ; анодный ток 10 мА; время экспозиции 2 мин; фокусное расстояние не менее 750 мм и не более 1000 мм;
— стальной образец № 2 анодное напряжение 220 кВ; анодный ток 10 мА; время экспозиции 2 мин; фокусное расстояние не менее 750 мм и не более 1000 мм;
— магниевый образец № 1: анодное напряжение 30 кВ; анодный ток 10 мА; время экспозиции 2 мин; фокусное расстояние не менее 750 мм и не более 1000 мм;
— стальную пластину толщиной 5 мм: анодное напряжение 110 кВ; анодный ток 10 мА; время экспозиции 2 мин; фокусное расстояние не менее 750 мм и не более 1000 мм.

На рентгенограммах, полученных в результате экспонирования испытательных образцов, изображение каждой ступеньки представляет собой поле с различной оптической плотностью: $D_n = D_0 e^{-\mu d_n} B$, где D_n — доза излучения, дошедшая до пленки после прохождения n-й ступеньки. Самая низкая оптическая плотность соответствует изображению самой толстой ступеньки, так как доза излучения, дошедшая до пленки, минимальная. Относительная доза излучения за каждой ступенькой пропорциональна параметру

$$D_{n_{\text{опт}}} = \frac{D_n}{D_0} = e^{-\mu d_n} B.$$

Зависимость оптической плотности от десятичного логарифма дозы излучения $S_n = f(\lg D_n)$ представляет собой $S_n = \text{const}\, d_n$, где d_n — толщина ступеньки. Причем константа учитывает спектральные свойства излучения и меняется в зависимости от изменения μ при различных значениях анодного напряжения и материала испытательного образца. Таким образом, определение толщины ступеньки испытательного образца однозначно определяет чувствительность пленки к излучению. С точностью до константы такой метод определения чувствительности совпадает с данными, приведенным в EN 584-1:2006.

По полученным рентгеновским снимкам можно определить важную характеристику радиографической пленки — широту. Под широтой понимают диапазон толщины материала, изображение которого на рентгенограмме имеет диапазон оптической плотности, пригодный к расшифровке снимков: $S_{\min} = 1{,}5$ или 2,0 Б в зависимости от руководящего нормативного документа; $S_{\max} = 3{,}5{-}4{,}0$ Б в зависимости от максимальной яркости негатоскопа, используемого при расшифровке (рис. 3) [10].

Точки, расположенные на оси абсцисс графика (см. рис. 3), однозначно соответствуют величине, обратной дозе излучения, которая создает на пленке оптическую плотность, равную 1,5 Б.

Определение контрастных свойств радиографических пленок. По EN 584-1:2006 контрастные свойства радиографических пленок определены величиной градиента. На характеристической кривой, построенной с помощью сенситометра, выделяют точки соответствующие оптической плотности 2 Б и 4 Б. Тангенс угла наклона спрямленного участка характеристической кривой в окрестностях точек, соответствующих 2 Б и 4 Б называют средним градиентом при $S - S_0 = 2$ Б и $S - S_0 = 4$ [10, 11].

Для определения контрастных свойств радиографических промышленных пленок по методике ВИАМ используем радиографические снимки испытательных образцов. Для этого выбираем участки с изображением ступенек с оптической плотностью $S = 1{,}5$ Б и

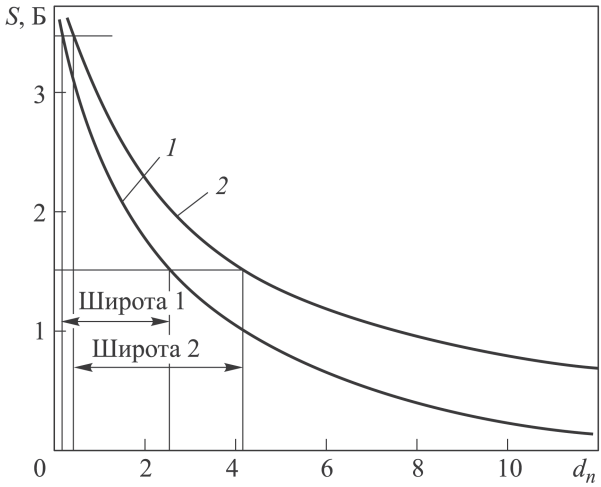

Рис. 3. Экспериментальные кривые для определения чувствительности к излучению и широты радиографических пленок

$S = 3{,}5$ Б. На каждой ступеньке имеется изображение лунок, оптическая плотность которых выше оптической плотности изображения собственно ступеньки. По результатам фотометрирования получают массив данных, показанных в табл. 3.

Таблица 3

Результаты фотометрирования

Относительное приращение толщины, %	0	– 1	– 2	– 3	– 5	– 7	– 10
Абсолютная толщина объекта в месте расположения лунки, мм	d	$d - 0{,}01d$	$d - 0{,}02d$	$d - 0{,}03d$	$d - 0{,}05d$	$d - 0{,}07d$	$d - 0{,}10d$
Оптическая плотность изображения лунки, Б	S	$S + \Delta S_1$	$S + \Delta S_2$	$S + \Delta S_3$	$S + \Delta S_5$	$S + \Delta S_7$	$S + \Delta S_{10}$

Используя эти данные, строят зависимость $\dfrac{\Delta S}{S} = f\left(\dfrac{\Delta d}{d}\right)$, где ΔS — приращение оптической плотности изображения лунки глубиной Δd; S — оптическая плотность изображения ступеньки толщиной d. Пример такой зависимости показан на рис. 4.

Затем по тангенсу угла наклона касательных, проведенных в трех точках, определяют минимальное, среднее и максимальное значение $G = \dfrac{\Delta S/S}{\Delta d/d}$, затем строят зависимость $G = f(d)$. Безразмерный

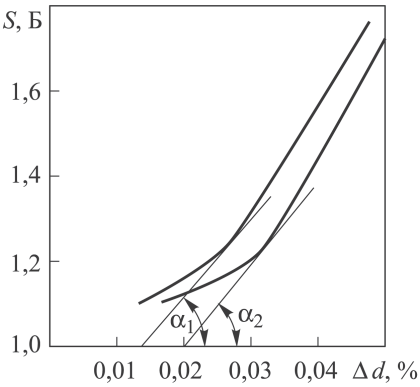

Рис. 4. Рабочий график для определения контрастных свойств радиографической пленки

параметр G однозначно соответствует среднему градиенту с точностью до константы.

Разрешающую способность пленки определяют по изображению элементов двухпроволочного индикатора качества изображения по EN462-5. Схема испытания представлена на рис. 5.

Стальную пластину толщиной 5 мм с размещенным на ней дуплексом экспонировали на испытуемую пленку. При этом фокусное расстояние выбирали достаточно большим, чтобы геометрическая нерезкость была соизмерима или меньше внутренней (собственной) нерезкости радиографической пленки.

Общая нерезкость рентгенографического изображения u определяется как

$$u = \sqrt{u_{\text{г}}^2 + u_{\text{в(с)}}^2 + u_{\text{р}}^2},$$

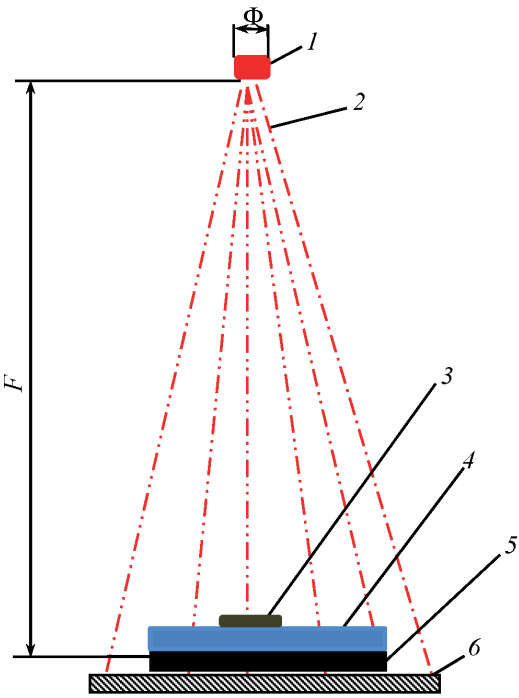

Рис. 5. Схема эксперимента определения предела разрешения радиографической пленки:
1 — источник излучения (фокусное пятно рентгеновской трубки); *2* — рентгеновское излучение; *3* — двухпроволочный ИКИ (дуплекс); *4* — стальная пластина; *5* — кассета с испытуемой радиографической пленкой; *6* — защитный экран

где $u_{\text{г}}$, $u_{\text{в(с)}}$, u_p — геометрическая, внутренняя или собственная нерезкости и нерезкость, вызванная подсветкой изображения боковым рассеянным излучением, соответственно [12–15].

Геометрическую нерезкость можно найти по формуле

$$u_{\text{г}} = \frac{\Phi a}{F - a},$$

где Ф — размер фокусного пятна; рентгеновской трубки; a — расстояние от объекта контроля до пленки; F — фокусное расстояние “источник–пленка”. При $F = 1000$ мм $\Phi = 3{,}5$ мм, $u_{\text{г}} = 0{,}018$ мм, нерезкость $u_{\text{р}} = u_{\text{в(с)}} g^d$, где g — коэффициент, для рентгеновского излучения равный 1,25; d — толщина пластины, равная 5 мм.

Геометрическая нерезкость опеделяется как

$$u_{\text{г}} = \frac{\Phi a}{F - a},$$

где Ф — размер фокусного пятна; рентгеновской трубки; a — расстояние от объекта контроля до пленки; F — фокусное расстояние “источник–пленка”. При $F = 1000$ мм $\Phi = 3{,}5$ мм, $u_{\text{г}} = 0{,}018$ мм, нерезкость $u_{\text{р}} = u_{\text{в(с)}} g^d$, где g — коэффициент, для рентгеновского излучения равный 1,25; d — толщина пластины, равная 5 мм.

Общая нерезкость

$$u = u_{\text{в(с)}} = \sqrt{\frac{u_{\text{г}}^2}{u_{\text{в(с)}}^2} + 4} \approx 2{,}2 u_{\text{в(с)}}.$$

Экспериментально определяемая общая нерезкость соответствует наибольшему диаметру невидимых раздельно пар проволок двухпроволочного ИКИ.

Заключение. 1. Испытание радиографических пленок, проводимые по методике, разработанной ВИАМ соответствуют методам испытаний, изложенным в EN 584-1:2006.

2. Оценка среднего градиента, выполненная по изложенной методике более объективна, чем оценка, полученная при испытаниях, изложенных в EN 584-1:2006, так как не исключает спектральную зависимость радиографических пленок.

3. Методика позволяет определить широту пленки и ее чувствительность не по характеристической кривой, а в зависимости от анодного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каблов Е.Н.* Авиакосмическое материаловедение // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. № 3. С. 2–14.
2. *Каблов Е.Н.*, *Петрушин Н.В.*, *Светлов И.Л.*, *Демонис И.М.* Литейные жаропрочные никелевые сплавы для перспективных авиационных ГТД // Технология легких сплавов. 2007. № 2. С. 6–16.

3. *Каблов Е.Н.* Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 8. С. 7–17.
4. *Каблов Е.Н.*, *Морозов Г.А.*, *Крутиков В.Н.*, *Муравская Н.П.* Аттестация стандартных образцов состава сложнолегированных сплавов с применением эталона // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 2. С. 9–11.
5. *Каблов Е.Н.*, *Петрушин Н.В.*, *Светлов И.Л.*, *Демонис И.М.* Никелевые литейные жаропрочные сплавы нового поколения // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 8. С. 36–51.
6. *EN 444:2010. Неразрушающий контроль*. Общие принципы радиографического контроля металлов с использованием рентгеновского и гамма-излучения.
7. *BS EN 584-1:2009. Неразрушающий контроль*. Пленка для промышленной радиографии. Часть 1: Классификация пленочных систем для промышленной дефектоскопии.
8. *EN 462-1:2009. Неразрушающий контроль*. Качество изображений при радиографии. Часть 1: Индикаторы качества изображения (проволочного типа), определение величины качества изображения. Аутентичный перевод. Европейский институт стандартизации. Стассарт 36, B 1050 Брюссель.
9. *Добромыслов В.А.* Радиационные методы неразрушающего контроля. М.: Машиностроение. 1999. 104 с.
10. *Соснин Ф.Р.* Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 1. Кн. 1. Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2. Радиационный контроль. М.: Машиностроение. 2006. 560 с.
11. *Степанов А.В.*, *Косарина Е.И.*, *Саввина Н.А.* Радиографические технические пленки РТ-К и РТ-7Т. Результаты их испытания //Авиационные материалы и технологии. 2012. № 1. С. 37–42.
12. *Степанов А.В.*, *Косарина Е.И.*, *Саввина Н.А.* Разработка методики по испытанию радиографических пленок с целью определения целесообразности их применения в дефектоскопии // Контроль. Диагностика. 2011. № 12. С. 65–67.
13. *Степанов А.В.* Методы рентгеновского контроля в производстве авиационных двигателей // Авиационные материалы и технологии. 2010. № 3. С. 28–32.
14. *Косарина Е.И.*, *Михайлова Н.А.*, *Демидов А.А.*, *Турбин Е.М.* Рентгеновский контроль крупногабаритных отливок сложной формы из сплавов группы “силумин” // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 2. С. 55–58.
15. *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.
16. *Косарина Е.И.*, *Степанов А.В.* Требования рентгенографического неразрушающего контроля в российских стандартах и зарубежных стандартах // Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам. 2013. № 9. С. 2–7.
17. *EN 462-5:2009 Неразрушающий контроль*. Качество изображений при радиографии. Часть 5: Индикаторы качества изображения (двупроволочного типа), определение общей величины нерезкости изображения. Европейский институт стандартизации. Стассарт 36, B 1050 Брюссель.

REFERENCES

[1] Kablov E.N. Aerospace Material Science. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* [All Materials. Encyclopedic Reference Book], 2008, no. 3, pp. 2–14 (in Russ.).
[2] Kablov E.N., Petrushin N.V., Svetlov I.L., Demonis I.M. Casting Nickel Heat-Resistant Alloys for Advanced Gas Turbine Engines. *Tekhnologiya legkikh splavov* [Technology of Light Alloys], 2007, no. 2, pp. 6–16 (in Russ.).

[3] Kablov E.N Strategic Directions of Material Development and Processing Technologies for the Period up to 2030. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2012, no. 8, pp. 7–17 (in Russ.).
[4] Kablov E.N., Morozov G.A., Krutikov V.N., Muravskaya N.P. Certification of Standard Samples of Complex Alloys Using Reference. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2012, no. 2, pp. 9–11 (in Russ.).
[5] Kablov E.N., Petrushin N.V., Svetlov I.L., Demonis I.M. Casting Nickel Heat-Resistant Alloys of New Generation. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2012, no. 8, pp. 36–51 (in Russ.).
[6] EN 444:2010 Non-Destructive Testing. General Principles of Radiographic Testing Metals Using X-Ray and Gamma Radiation.
[7] BS EN 584-1:2009 Non-Destructive Testing. Films for Industrial Radiography. Part 1: Classification of Film Systems for Industrial Defectoscopy.
[8] EN 462-1:2009 Non-Destructive Testing. Radiography Image Quality. Part 1: Image Quality Indicators (Wire-Like), the Determination of the Image Quality. Authentic Translation. European Standards Institute. Stassart 36, V 1050 Bryussel'.
[9] Dobromyslov V.A. Radiatsionnye metody nerazrushayushchego kontrolya [Radiation Methods of Nondestructive Testing]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1999. 104 p.
[10] Sosnin F.R. Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik. V 7 t. T. 1. Kn. 1. Vizual'nyy i izmeritel'nyy kontrol'. Kn. 2. Radiatsionnyy kontrol' [Non-Destructive Testing: Handbook. In 7 vol. Vol. 1. Visual Inspection and Control by Measurement. Vol. 2. Radioactive Examination]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 2006. 560 p.
[11] Stepanov A.V., Kosarina E.I., Savvina N.A. Radiographic Films RT-K and RT-7T. The Results of Their Tests. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2012, no. 1, pp. 37–42 (in Russ.).
[12] Stepanov A.V., Kosarina E.I., Savvina N.A. Development of the Techniques for Testing the Radiographic Films to Determine the Feasibility of their Use in Defectoscopy. *Kontrol'. Diagnostika* [Testing. Diagnostics], 2011, no. 12, pp. 65–67 (in Russ.).
[13] Stepanov A.V. Methods of X-Ray Examination in Aircraft Engines Manufacture. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2010, no. 3, pp. 28–32 (in Russ.).
[14] Kosarina E.I., Mikhaylova N.A., Demidov A.A., Turbin E.M. X-Ray Examination of Large-Sized Complex Shape Castings of "Silumin" Alloy Group. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation Materials and Technologies], 2013, no. 2, pp. 55–58 (in Russ.).
[15] Stepanov A.V., Kosarina E.I., Savvina N.A. Comparison of X-Ray Examination Requirements and Radiographs Quality in European Norms and Russian Standards. *Vestnik MEI* [Bull. of the MPEI], 2011, no. 4, pp. 85–89 (in Russ.).
[16] Kosarina E.I., Stepanov A.V X-Ray Non-Destructive Testing Requirements in the Russian Standards and International Standards. *Kommentarii k standartam, TU, sertifikatam* [Comments to the Standards, Specifications, Certificates], 2013, no. 9, pp. 2–7 (in Russ.).
[17] EN 462-5:2009 Non-Destructive Testing. Radiography Image Quality. Part 5: Image Quality Indicators (of Two Wire Type), the Determination of the Total Amount of Image Blurring. European Standards Institute. Stassart 36, V 1050 Bryussel'.

Статья поступила в редакцию 28.04.2014

Косарина Екатерина Ивановна — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории неразрушающих методов контроля Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ). Автор 90 научных работ в области радиационного неразрушающего контроля.
ВИАМ, Российская Федерация, 105005, Москва, ул. Радио, д. 17.

Kosarina E.I. — Dr. Sci. (Eng.), professor, senior staff scientist at the laboratory for Non-Destructive Examination Technique at the All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM). Author of 90 publications in the field of nondestructive radioactive examination.
All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM), ul. Radio 17, Moscow, 105005 Russian Federation.

Степанов Александр Вячеславович — канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории неразрушающих методов контроля Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ). Автор более 50 научных работ в области радиационного неразрушающего контроля. ВИАМ, Российская Федерация, 105005, Москва, ул. Радио, д. 17.

Stepanov A.V. — Cand. Sci. (Eng.), assoc. professor, leading researcher at the laboratory for Non-Destructive Examination Technique at the All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM). Author of more than 50 publications in the field of nondestructive radioactive examination.
All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM), ul. Radio 17, Moscow, 105005 Russian Federation.

Демидов Александр Александрович — инженер 1-й категории лаборатории неразрушающих методов контроля Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ). Автор одной научной работы в области радиационного неразрушающего контроля. ВИАМ, Российская Федерация, 105005, Москва, ул. Радио, д. 17.

Demidov A.A. — engineer of the 1st category at the laboratory for Non-Destructive Examination Technique at the All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM). Author of one publication in the field of nondestructive radioactive examination.
All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM), ul. Radio 17, Moscow, 105005 Russian Federation.

Крупнина Ольга Александровна — инженер лаборатории неразрушающих методов контроля Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ). Студентка 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5.

Krupnina O.A. — engineer at the laboratory for Non-Destructive Inspection Technique at the All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM), student at Bauman Moscow State Technical University.
All-Russian Scientific Research Institute for Aviation Materials (VIAM), ul. Radio 17, Moscow, 105005 Russian Federation.

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Косарина Е.И., Степанов А.В., Демидов А.А., Крупнина О.А. Методика испытаний радиографических пленок // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2015. № 3. С. 80–91.

Please cite this article in English as:

Kosarina E.I., Stepanov A.B., Demidov A.A., Krupnina O.A. Radiographic Films Testing Technique. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Mech. Eng.], 2015, no. 3, pp. 80–91.