

О Т Ч Ъ Т

по результатам испытаний радиографических плёнок
FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD производства фирмы
« **FUJIFILM**» на предмет применения их в атомной энергетике при использовании в
качестве источников излучения промышленных рентгеновских аппаратов.

№ РГ –F/От-028 от 18.05.2016 г.

В АО «НИКИМТ-Атомстрой», как Головной материаловедческой организации
ГК «Росатом» (Приказ ГК «Росатом» № 1/505-П от 09.06.12г.) ,проведены испытания
радиографических плёнок **FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD**
производства фирмы« **FUJIFILM**» на предмет применения их в атомной энергетике при
использовании в качестве источников излучения промышленных рентгеновских аппаратов.

На испытания были представлены промышленные образцы радиографических плёнок

- **FUJIFILM IX50 ;**
- **FUJIFILM IX50HD ;**
- **FUJIFILM IX80 ;**
- **FUJIFILM IX80HD ;**
- **FUJIFILM IX100 ;**
- **FUJIFILM IX100HD ;**

При испытаниях радиографических пленок применялась схема зарядки с двумя
свинцовыми усиливающими экранами толщиной 0,027 мм в вакуумной упаковке.
По данным фирмы-изготовителя радиографические плёнки **IX50** и **IX50HD** относятся к классу
С3 , **IX80** и **IX80HD** относятся к классу С4, **IX100** и **IX100HD** относятся к классу С5
по стандарту ISO 11699-1:2012.

Цель испытаний: Определение соответствия технических характеристик радиографических
плёнок **FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD** при использовании в
качестве источников излучения промышленных рентгеновских аппаратов в диапазоне
контролируемых толщин 2÷100 мм требованиям нормативных документов, действующих в
атомной энергетике:

- ПНАЭ Г-7-017-89 «Унифицированная методика контроля основных
материалов(полуфабрикатов) сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов
АЭУ. Радиографический контроль».

- ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических
установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля».

- ПНАЭ Г7-025-90 «Стальные отливки для атомных энергетических установок.
Правила контроля».

- ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные.
Радиографический метод».

Программа испытаний:

1. Экспонирование рентгеновской плёнки до различных значений оптической плотности.
2. Фотообработка экспонированной и неэкспонированной рентгеновской плёнки.
3. Визуальная оценка равномерности оптической плотности почернения рентгеновской плёнки и измерение локальной неоднородности плотности почернения с помощью денситометра.
4. Определение выявляемости искусственных и естественных дефектов.
5. Определение оптимальных режимов радиографического контроля и оценка соответствия полученных результатов требованиям действующих в атомной энергетике правил контроля сварных соединений и наплавки ПНАЭ Г7-010-89 и правил контроля стальных отливок ПНАЭ Г7-025-90.

Аппаратура и материалы.

Испытания проводились с использованием следующих источников излучения:

- Стационарный рентгеновский аппарат **Экстравольт Е450/Р2000** и портативный рентгеновский аппарат **РПД-200**.

Фотообработка радиографических плёнок осуществлялась при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ как в автоматическом режиме в проявочной машине **NDT-M** фирмы «AGFA» с использованием проявителя G-135 и фиксажа G-335, так и в ручном режиме (танковая фотообработка).

Для танковой фотообработки использовались отечественные фотохимикаты (проявитель «Рентген-2 ТП», фиксаж «Рентген-2 ТФ»).

Качество фотообработки с использованием указанных выше фотохимикатов удовлетворяет требованиям Унифицированной методики по радиографическому контролю ПНАЭ Г-7-017-89.

Исследование равномерности оптической плотности рентгеновских плёнок проводилось не менее, чем на 3 листах рентгеновской плёнки при следующих режимах: $F = 1000 \text{ мм}$, $U = 200 \text{ кВ}$, $I = 10 \text{ мА}$, $t = 1 \div 5 \text{ мин}$.

При этом плотность почернения находилась в диапазоне 1,2-3,5 ед. оптической плотности. Измерение оптической плотности осуществлялось с помощью метрологически поверенных денситометров «ДФЭ-10» и «ДД-5005-220».

Для определения чувствительности радиографических снимков применялись проволоочные и канавочные эталоны по ГОСТ 7512-82, а также стальные пластины и образцы сварных соединений толщиной $2 \div 100 \text{ мм}$. Плотность рентгеновских плёнок при отработке оптимальных режимов радиографического контроля составляла $2,5 \pm 0,4$ ед. оптической плотности.

Напряжение на рентгеновской трубке соответствовало требованиям ГОСТ 20426-82.

Результаты:

1. Суммарная плотность вуали и основы в среднем составляет:
 - плёнка **FUJIFILM IX50**, **FUJIFILM IX50HD** - 0,10 ед. опт. плотности;
 - плёнка **FUJIFILM IX80**, **FUJIFILM IX80HD** - 0,12 ед. опт. плотности;
 - плёнка **FUJIFILM IX100**, **FUJIFILM IX100HD** - 0,15 ед. опт. плотности;

После фотообработки неэкспонированная радиографическая плёнка имеет равномерную вуаль без каких либо видимых при визуальном просмотре полос, пятен и неравномерностей оптической плотности.

2 После фотообработки на экспонированных радиографических плёнках с помощью денситометра измерялись локальные колебания оптической плотности, которые не обнаруживались при визуальном анализе (таблица 1).

Визуально заметных отличий в качестве рентгеновских снимков после фотообработки в ручном режиме (танковая фотообработка) с использованием отечественного набора фотохимикатов и фотохимикатов фирмы **FUJIFILM**, а также при автоматической фотообработке в проявочной машине NDT-M фирмы «AGFA» не обнаружено. Рентгеновские снимки соответствуют требованиям п. 7 ПНАЭ Г-7-017-89.

Таблица 1

Результаты измерения равномерности плотности почернения рентгеновских плёнок FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD

Тип плёнки	Интервал изменения оптической плотности в квадрате 100x100 мм Д _{изм.} (ед. опт. плотности)	Разброс значений ΔД (ед. опт. плотности)
FUJIFILM IX50 FUJIFILM IX50HD	1,48 ÷ 1,48 2,60 ÷ 2,60 3,10 ÷ 3,10 3,32 ÷ 3,33	0,00 0,00 0,00 0,01 ΔД _{max} = 0,01
FUJIFILM IX80 FUJIFILM IX80HD	1,48 ÷ 1,49 2,20 ÷ 2,20 3,00 ÷ 3,01 3,08 ÷ 3,08	0,01 0,00 0,01 0,00 ΔД _{max} = 0,01
FUJIFILM IX100 FUJIFILM IX100HD	1,56 ÷ 1,57 2,62 ÷ 2,64 3,06 ÷ 3,07 3,33 ÷ 3,34	0,01 0,02 0,01 0,01 ΔД _{max} = 0,02

3 Радиографический контроль образцов с искусственными и естественными дефектами показал, что качество снимков и выявляемость дефектов с использованием радиографических плёнок **FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD** в исследованном диапазоне толщин 2,0÷100мм с применением промышленных рентгеновских аппаратов

удовлетворяет требованиям ПНАЭ Г 7-010-89 и ПНАЭ Г 7-025-89 в зависимости от категорий сварных швов.

4. Оптимальные параметры радиографического контроля в соответствии с унифицированной методикой ПНАЭ Г-7-017-89 с использованием радиографических плёнок **FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD** приведены в таблицах 2÷7.

Таблица 2.

Чувствительность радиографического контроля с использованием плёнки FUJIFILM IX50, IX50HD и промышленных рентгеновских аппаратов .

Толщина стали, мм	Фокусное расстояние, мм	Напряж. кВ	Ток, мА	Экспоз. мин.	Чувств. Кпров., мм	Чувств. Ккан., мм	Чувствительн. К., мм ПНАЭ Г7-010		
							Ik	IIk	IIIk
2	500	80	9,0	1,4	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1
5	500	90	9,2	2,0	0,10	0,1	0,2	0,2	0,2
8	500	100	7,4	6,2	0,16	0,1	0,2	0,2	0,2
10	500	120	6,8	6,8	0,20	0,2	0,2	0,2	0,3
20	500	190	7,0	7,0	0,25	0,2	0,3	0,4	0,5
25	500	210	9,0	7,5	0,32	0,2	0,4	0,5	0,6
40	500	280	9,2	18,2	0,40	0,3	0,5	0,6	0,75
60	400	320	9,5	20,0	0,50	0,50	0,75	0,75	1,0
80	400	420	9,8	24,8	0,80	0,75	1,0	1,0	1,25
100	400	450	10,0	25,8	1,0	0,75	1,0	1,25	1,50

Примечание: При контроле стали толщиной 2-5 мм свинцовые усиливающие экраны не применялись.

Таблица 3.

Чувствительность радиографического контроля с использованием плёнки FUJIFILM IX80, IX80HD и промышленных рентгеновских аппаратов .

Толщина стали, мм	Фокусное расстояние, мм	Напряж. кВ	Ток, мА	Экспоз. мин.	Чувств. Кпров., мм	Чувств. Ккан., мм	Чувствительн. К., мм ПНАЭ Г7-010		
							Ik	IIk	IIIk
2	500	80	7,0	1,0	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1
5	500	90	7,4	2,2	0,125	0,1	0,2	0,2	0,2
8	500	100	7,6	5,4	0,16	0,1	0,2	0,2	0,2
10	500	120	6,0	5,8	0,20	0,2	0,2	0,2	0,3
20	500	190	7,0	6,0	0,25	0,2	0,3	0,4	0,5
25	500	210	8,0	7,5	0,32	0,2	0,4	0,5	0,6
40	500	300	9,0	10,0	0,40	0,3	0,5	0,6	0,75
60	400	320	9,6	16,0	0,50	0,50	0,75	0,75	1,0
80	400	420	9,8	18,2	0,80	0,75	1,0	1,0	1,25
100	400	450	10,2	20,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,50

Примечание: При контроле стали толщиной 2-5 мм свинцовые усиливающие экраны не применялись.

**Чувствительность радиографического контроля с использованием плёнки
FUJIFILM IX100, IX100HD и промышленных рентгеновских аппаратов .**

Толщина стали, мм	Фокусное расстояние, мм	Напряж. кВ	Ток, мА	Экспоз. мин.	Чувств. Кпров., мм	Чувств. Ккан., мм	Чувствительн. К., мм ПНАЭ Г7-010		
							Ik	IIk	IIIk
2	500	80	6,5	1,2	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1
5	500	90	7,0	2,2	0,125	0,1	0,2	0,2	0,2
8	500	110	7,2	3,0	0,16	0,1	0,2	0,2	0,2
10	500	120	7,4	3,8	0,20	0,2	0,2	0,2	0,3
20	500	190	8,0	4,6	0,25	0,2	0,3	0,4	0,5
25	500	210	8,2	5,4	0,32	0,2	0,4	0,5	0,6
40	500	300	8,2	6,2	0,40	0,3	0,5	0,6	0,75
60	400	320	8,4	6,2	0,50	0,50	0,75	0,75	1,0
80	400	420	8,6	6,8	0,80	0,75	1,0	1,0	1,25
100	400	450	8,8	8,8	1,0	1,0	1,0	1,25	1,50

Примечание: При контроле стали толщиной 2-5 мм свинцовые усиливающие экраны не применялись.

Выводы:

Испытания радиографических плёнок **FUJIFILM IX50, IX80, IX100, IX50HD, IX80HD, IX100HD** в диапазоне радиационных толщин 2÷ 100мм на образцах с искусственными и естественными дефектами при использовании в качестве источников излучения **промышленных рентгеновских аппаратов** в диапазоне энергий 80-450 кВ показали:

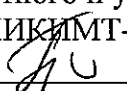
- При использовании радиографических плёнок **FUJIFILM IX50, IX50HD** требования ПНАЭ Г 7-017-89, ПНАЭ Г7-025-89 и ПНАЭ Г 7-010-89 выполняются для I, II, III категории сварных соединений номинальной толщиной в месте сварки 2 ÷ 100 мм включительно.

- При использовании радиографических плёнок **FUJIFILM IX80, IX80HD** требования ПНАЭ Г 7-017-89, ПНАЭ Г7-025-89 и ПНАЭ Г 7-010-89 выполняются для II, III категорий сварных соединений номинальной толщиной в месте сварки 2÷ 100мм и для I, II, III категории сварных соединений номинальной толщиной в месте сварки 5 ÷ 100 мм включительно.

- При использовании радиографической плёнки **FUJIFILM IX100, IX100HD** требования ПНАЭ Г 7-017-89, ПНАЭ Г7-025-89 и ПНАЭ Г 7-010-89 выполняются для II, III категорий сварных соединений номинальной толщиной в месте сварки 2÷ 100мм и для I, II, III категории сварных соединений номинальной толщиной в месте сварки 5 ÷ 100 мм включительно.

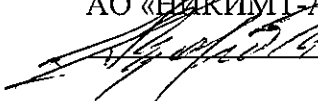
Результаты испытаний оформлены в виде **ЗАКЛЮЧЕНИЯ № РГ –F/Зк-028 от 18.05.2016 г.**

Начальник управления технологического контроля,
экспертного и учебно-аттестационного обеспечения
АО «НИКИМТ-Атомстрой»

 А.В. Полковников

Начальник лаборатории АО «НИКИМТ-Атомстрой»

АО «НИКИМТ-Атомстрой», к.т.н.

 В.И. Горбачёв