

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Рентгенографический контроль авиационных конструкций

Электронные методические указания к лабораторной работе

САМАРА

2010

УДК 629.7 + 004.9

ББК 39.5

Т 468

Авторы-составители: **Макаровский Игорь Мстиславович,**
Тиц Сергей Николаевич

Рецензенты: доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности В. Н. Вякин;
доцент кафедры эксплуатации авиационной техники В. А. Прилепский.

Редакторская обработка С.Н. Тиц

Компьютерная верстка С.Н. Тиц

Доверстка С.Н. Тиц

Рентгенографический контроль авиационных конструкций [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И. М. Макаровский; С. Н. Тиц. – Электрон. текстовые и граф. дан. (0,54 Мбайт). - Самара, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания входят в единый методический комплекс, включающий теоретический материал и методические указания к шести лабораторным работам. Комплекс лабораторных работ создан с использованием современных средств неразрушающих методов контроля, полученных университетом в ходе выполнения инновационной образовательной программы «Развитие центра компетенций и подготовки специалистов мирового уровня в области аэрокосмических и геоинформационных технологий».

Методические указания предназначены для магистрантов факультета инженеров воздушного транспорта в рамках магистерской программы «Контроль, динамика и испытания систем авиационной техники» по направлению 162300.68 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», изучающих дисциплину «Методы неразрушающего контроля авиационных конструкций».

Методические указания разработаны на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

Содержание

| | |
|--|----|
| 1. Теоретическая часть | 4 |
| 1.1. Назначение и физическая сущность метода | 4 |
| 1.2. Рентгеновская аппаратура | 8 |
| 1.3. Общие рекомендации по проведению рентгеновского контроля..... | 11 |
| 2. Практическая часть | 13 |
| 2.1. Разработка рабочей методики рентгеновского контроля | 13 |
| 2.2. Проведение рентгеновского контроля..... | 14 |
| Контрольные вопросы..... | 14 |
| Содержание отчёта | 14 |
| Литература | 14 |

Цель работы.

Ознакомление с назначением и физической сущностью рентгенографического метода, принципом работы и устройством рентгеновской установки; приобретение практических навыков в разработке рабочей методики и проведении рентгеновского контроля заданного объекта.

1. Теоретическая часть

1.1. Назначение и физическая сущность метода

Назначение.

Рентгенографический метод предназначен для выявления разнообразных дефектов авиационных конструкций, изготовленных из металлов и пластмасс. В условиях эксплуатации АТ метод обычно применяют в тех случаях, когда применение других, менее трудоемких и доступных методов контроля по каким-либо причинам не представляется возможным (контроль сотовых конструкций на отсутствие воды, выявление очагов коррозии в закрытых конструкциях, при необходимости сохранения результатов контроля и т.д.). Метод позволяет выявлять дефекты (термические трещины, раковины, непровары и шлаковые включения в сварных швах и т.д.), имеющие глубину более 1% от толщины детали и ширину раскрытия более 0,025мм.

В условиях производства и ремонта АТ метод широко используется для контроля качества литых, сварных, паяных и клепаных конструкций, изготовленных из разнообразных конструкционных материалов.

К недостаткам метода необходимо отнести низкую эффективность выявления усталостных трещин, высокие требования к квалификации оператора и сложность обеспечения защиты персонала от воздействия проникающих излучений.

Зарубежный опыт рентгеновского контроля авиационных конструкций с использованием современной аппаратуры свидетельствует о больших возможностях применения метода для выявления дефектов конструкций и по снижению трудоемкости эксплуатационного контроля АТ.

Физическая сущность.

Выявление дефектов конструкций с помощью рентгенографического метода основано на способности коротковолновых электромагнитных излучений (рентгеновских лучей) проходить без существенного ослабления через оптически непрозрачные материалы. Информацию о техническом состоянии объекта при этом получают путем анализа плотности почернения рентгеновской пленки, установленной за объектом на контролируемом участке.

Плотность почернения пленки в общем случае зависит от совокупного влияния нескольких факторов: интенсивности излучений за объектом, чувствительности пленки к рентгеновским излучениям, времени просвечивания, наличия усиливающих экранов и т.д.

Интенсивность излучений за объектом зависит от их начальной интенсивности и жёсткости, толщины и свойств материала объекта (рис. 1.):

$$I_d = I_0 e^{-\mu d},$$

где I_0 — начальная интенсивность излучений;

I_d — интенсивность излучений за объектом;

μ — коэффициент линейного ослабления излучений в материале объекта;

d — толщина материала объекта в исследуемом сечении.

При наличии дефекта материала с малым коэффициентом линейного ослабления (воздух) интенсивность излучений за объектом возрастает пропорционально глубине

дефекта x в направлении просвечивания (рис.1).

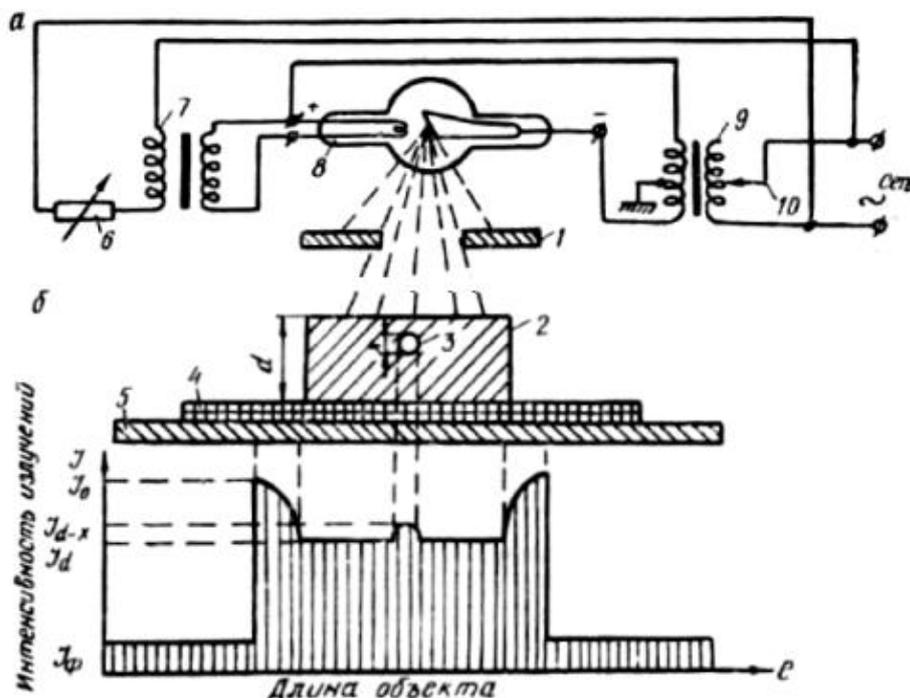


Рисунок 1 - Схема просвечивания (а) и характер изменения интенсивности рентгеновских излучений за объектом (б): 1 — диафрагма; 2 — объект контроля; 3 — дефект (воздух); 4 — кассета с пленкой; 5 — поглотитель рассеянного излучения; 6 — регулятор напряжения накала (анодного тока трубки); 7 — трансформатор накала катода; 8 — рентгеновская трубка; 9 — высоковольтный трансформатор; 10 — регулятор анодного напряжения трубки

Чувствительность рентгеновской пленки к действию проникающих излучений обусловлена ионизацией кристаллов бромистого серебра, входящего в состав эмульсии. При проявлении пленки после облучения происходит восстановление ионов серебра в металлическое серебро, которое придает плёнке темную окраску. Плотность почернения пленки D в определенных пределах определяется дозой прошедших через нее излучений и определяется с помощью фотометра, как соотношение силы света, падающего на плёнку L_0 к силе света, прошедшего через плёнку L_d :

$$D = \lg L_0 / L_d,$$

Чувствительность пленок характеризуется дозой излучений, которая необходима для получения плотности почернения близкой к единице. В силу малости доз излучений их принято выражать в обратных рентгенах (R^{-1}). Пленки, используемые в промышленной рентгенографии (РТ-1, РТ-2, РТ-5 и другие), обладают достаточно высокой чувствительностью (до $600 R^{-1}$) и высокой разрешающей способностью (до 200 штр./мм).

С целью повышения чувствительности пленки на прозрачную основу наносят несколько слоев фотоэмульсии, а также используют усиливающие экраны, которые представляют собой металлическую фольгу или слой люминофора, нанесенный на картон. При просвечивании экран дополнительно воздействует на фотоэмульсию потоком фотоэлектронов (металлические экраны) или света (слой люминофора) и тем самым повышает чувствительность пленок в 2...10 раз.

Минимальное изменение оптической плотности плёнки ΔD , которое можно заметить на снимке определяет чувствительность метода. Наиболее высокой чувствительностью обладает снимок, имеющий плотность почернения в зоне контроля в пределах $D = 1,8...2,2$. При такой плотности почернения снимка опытный оператор может заметить

разность в плотностях почернения соседних участков $\Delta D \approx 0,02$.

Генерация рентгеновских излучений осуществляется в рентгеновских трубках. При этом используют трубки с горячим и холодным катодом, с непрерывным и импульсным излучением. Трубки генерируют тормозные рентгеновские излучения в диапазоне энергии $E_{\gamma} = 40 \dots 750$ кэВ, которым соответствуют длины волн $\lambda = 2 \dots 0,01 \text{ \AA}$.

Генерация рентгеновских излучений в трубках происходит в результате бомбардировки анода трубки потоком быстрых электронов (около 80% скорости света). Энергия излучений зависит от энергии электронов, т. е. от напряжения, приложенного к аноду трубки, а интенсивность излучений - от типа трубки, величин анодного напряжения и анодного тока. Коэффициент полезного действия трубок обычно не превосходит 3%.

Спектр рентгеновских излучений, используемых в дефектоскопии, непрерывный, т.е. имеет место тормозное излучение. Минимальная длина волны в спектре λ_{min} зависит от напряжения на аноде трубки U_a и составляет:

$$\lambda_{min} = 12,6 / U_a.$$

При этом максимум интенсивности тормозного излучения приходится на длину волны:

$$\lambda_{cp.} = 1,5 \lambda_{min} .$$

При низких анодных напряжениях (до 250 кВ) большая часть подводимой к трубке электрической энергии (до 97%) идет на разогрев анода, что может привести к его тепловому разрушению. Для предупреждения этого явления аноды трубок охлаждают маслом, водой или воздухом.

Оптические свойства трубок зависят от размера фокусного пятна - поверхности анода, с которой происходит генерация излучений. Трубки с фокусным пятном менее 4 мм^2 принято называть острофокусными. Они позволяют получать снимки с наиболее высокой разрешающей способностью.

Поглощение рентгеновских излучений обусловлено их взаимодействием с атомами вещества, через которое они проходят. Характер поглощения зависит от энергии (жесткости) излучений, атомного веса и плотности вещества. Поглощающую способность вещества характеризуют величиной коэффициента линейного ослабления излучений μ .

Каждой энергии излучений соответствует определенное значение коэффициента линейного ослабления. Однако в силу избирательного поглощения «мягких» составляющих тормозных излучений коэффициент линейного ослабления вещества зависит также и от толщины объекта в месте просвечивания, т.е. с увеличением толщины объекта коэффициент линейного ослабления уменьшается.

Чувствительность рентгенографического метода характеризуется минимальными размерами дефекта, при которых он может быть обнаружен на снимке. При этом различают контрастную и геометрическую чувствительность метода.

Контрастная чувствительность метода – это минимальная глубина дефекта (в % от толщины детали), при которой он может быть выявлен на снимке. Контрастную чувствительность X_{min} (мм) можно оценить, приняв линейной зависимость между плотностью почернения пленки и интенсивностью прошедших через неё излучений, используя выражение:

$$X_{min} \approx 0,02 / \mu_{cp} .$$

Из приведенного выражения видно, что контрастная чувствительность метода зависит от контрастной чувствительности зрения оператора (0,02) и среднего значения коэффициента линейного ослабления излучений (μ_{cp}) материалом объекта, который, в свою очередь, зависит от жесткости излучений и толщины объекта в зоне просвечивания. При повышении энергии (жесткости) излучений и толщины детали контрастная чувствительность снижается, так как уменьшается значение μ_{cp} материала. В реальных условиях контрастная чувствительность метода составляет около 1% от суммарной

толщины материала в зоне контроля..

Геометрическая чувствительность – это минимальная ширина дефекта (в мм), при которой он может быть выявлен на снимке. Геометрическая чувствительность зависит от условий просвечивания объекта и разрешающей способности плёнки (штр./мм).

Наиболее сильное влияние на геометрическую чувствительность метода оказывают: диаметр фокусного пятна трубки Φ , фокусное расстояние F и расстояние от дефекта до пленки h (рис.2).

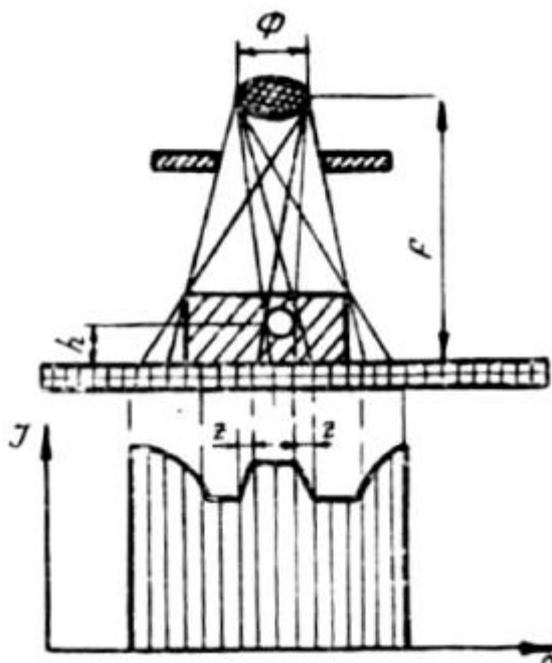


Рисунок 2 - Влияние условий просвечивания на геометрическую чувствительность снимка

В реальных условиях трудно создать условия для получения высокой геометрической чувствительности метода, поэтому изображение дефекта на снимке всегда выглядит несколько размытым из-за образования полутеней. При ширине полутеней $2z$, превышающих ширину (раскрытие) дефекта C , он становится практически не различимым на снимке. Таким образом, геометрическую чувствительность метода $C_{\text{мин}}$ (мм) можно оценить, используя выражение:

$$C_{\text{мин}} \approx 2 \Phi h / F$$

Если направление просвечивания совпадает с плоскостью дефекта, то геометрическая чувствительность метода составляет около 0.025 мм. При просвечивании под углом более 20° дефект можно обнаружить только при раскрытии 0,2 мм и более. Этот недостаток рентгенографического метода обуславливает сложность его применения для целей контроля авиационных конструкций, склонных к образованию усталостных трещин малых раскрытий и случайной ориентации.

Основные требования техники безопасности

Рентгеновские излучения оказывают на организм человека вредное воздействие, которое заключается в ионизации (гибели) живых клеток. Уровень вредного воздействия зависит от интенсивности и времени облучения, вида тканей и органов, подвергшихся облучению. В зависимости от уровня вредного воздействия излучений возникают болезненные явления различной степени тяжести.

В силу этого во всех случаях при работе с источниками ионизирующих излучений принимают меры по защите персонала от облучения. Строгое соблюдение требований санитарных правил и норм радиационной безопасности позволяет длительное время работать с источниками излучений без вреда для здоровья.

К работе с источниками излучений допускают только подготовленных специалистов, имеющих соответствующее разрешение. С целью уменьшения вредного воздействия излучений на операторов используют защитные барьеры и экраны, изготовленные из специальных материалов (свинец, вольфрам, бетон и т.д.). Участок контроля огораживают и выставляют знаки радиационной опасности. Все работы, не связанные с просвечиванием, прекращают, а технический персонал отводят на безопасное расстояние (не менее 50 м от источника излучений). Направление просвечивания выбирают в сторону, противоположную от укрытия людей, или в сторону земли. Общая доза облучения для оператора за год работы не должна превышать установленной нормы. Для контроля доз облучения используют индивидуальные дозиметры и ведут постоянный учёт накопленной дозы

1.2. Рентгеновская аппаратура

Рентгеновская установка РУП-120-5-1

Назначение и основные технические данные.

Установка предназначена для просвечивания изделий и полуфабрикатов в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Питание установки осуществляется от сети переменного тока 220/380 В.

Потребляемая мощность до 1,5кВт.

Номинальное напряжение на аноде трубки до 120кВ.

Номинальный анодный ток трубки до 5мА

Рентгеновская трубка с горячим катодом типа 0,4 БПМ-2-120

Максимальная толщина просвечивания:

- по стали до 25мм;
- по алюминию до 100мм;
- по магнию до 150мм;
- по пластмассам до 200мм.

Устройство и комплектация.

В комплект установки входят: излучатель, пульт управления, штатив-тележка и вспомогательные принадлежности.

Излучатель обеспечивает генерацию рентгеновских излучений в заданном направлении и защиту оператора от вредных излучений и поражений высоким напряжением. В состав излучателя входят: накальный и повышающий трансформаторы, рентгеновская трубка, электродвигатель с крыльчаткой, расширительная камера, защитный кожух, змеевик водяного охлаждения, тепловое реле блокировка высокого напряжения по предельной температуре масла и другие элементы. Внутренняя полость излучателя заполнена трансформаторным маслом, которое служит для охлаждения трубки и обеспечения электрической изоляции.

Пульт управления оформлен в виде чемодана. Внутри пульта установлены элементы систем управления и контроля. Ручки управления, контрольные приборы и лампы сигнализации вынесены на верхнюю панель пульта (рис.3).

Штатив-тележка используется для установки излучателя, пульта управления и ящика с принадлежностями, а также для транспортировки установки в цеховых условиях. Штатив позволяет установить излучатель в различные положения по высоте и направлению просвечивания.

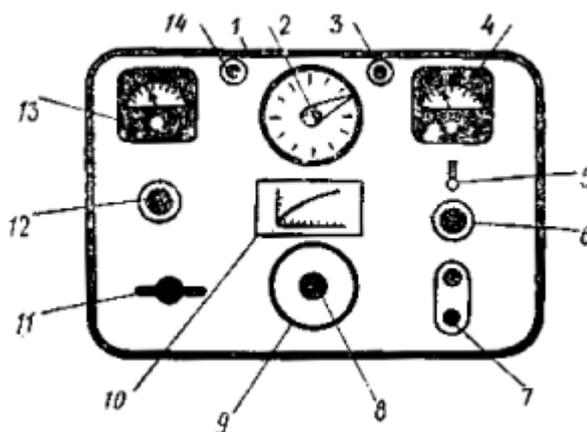


Рисунок 3 - Передняя панель пульта управления установки РУП – 120 – 5 - 1

Работа установки.

Грубая корректировка сетевого напряжения (см.рис.3) осуществляется переключателем 6, а плавная — ручкой 8 (с зелёным ободком). Контроль напряжения сети проводят по вольтметру 4 при положении переключателя 5 - «Зеленая точка».

Регулировка напряжения, подаваемого на повышающий трансформатор (анодного напряжения), осуществляется ручкой 9 (с красным ободком), а контроль анодного напряжения проводят по вольтметру 4 (при положении переключателя 5 — «Красная точка») и по графику 10, который нанесён на верхнюю панель пульта управления.

Анодный ток трубки регулируется ручкой 12, которая изменяет напряжение, подаваемое на нить накала трубки. Нить накала питается от отдельного трансформатора, находящегося в излучателе. Контроль анодного тока трубки проводится по милливольтметру 15.

Напряжение на первичную обмотку повышающего трансформатора подаётся через контактор, управляемый кнопками «Пуск» и «Стоп». В установке предусмотрено реле времени 2, которое исключает случайное увеличение времени просвечивания.

Подача сетевого напряжения на установку сигнализируется зеленой лампой 14, а на повышающий трансформатор — красной лампой 3.

Подготовка установки к работе.

1. Установить излучатель на штатив в соответствии со схемой просвечивания и специальным кабелем соединить с пультом управления.

2. Проверить положение ручек на пульте управления: ручка 12 - выведена до упора (против часовой стрелки); ручка 9 — выведена до упора (против часовой стрелки); выключатель 11 — «Выключено»; переключатель 6 - в соответствии с напряжением сети питания; переключатель 5 — «Зеленая точка».

3. Подключить специальным кабелем пульт управления к сети питания (220В).

. Просвечивание (см.рис3).

1. Поворотом выключателя 11 подать питание на пульт управления (при этом должна гореть зеленая сигнальная лампа 14).

1. Ручкой 8 (с зеленым ободком) провести корректировку сетевого напряжения по вольтметру 4.

2. Ручку реле времени 2 установить на заданное время просвечивания (обычно до 5мин.).

Переключатель вольтметра 5 перевести в положение «Красная точка».

Нажатием кнопки «Пуск» 7 подать питание на повышающий трансформатор (при

- этом загорается красная сигнальная лампа 3).
6. Ручкой 9 (с красным ободком) по вольтметру 4 и графику 10 задать необходимое анодное напряжение.
 7. Ручкой 12 (с желтым ободком) по милливольтметру 13 задать требуемую величину анодного тока трубки.
 8. Отключение установки проводить кнопкой «Стоп» (до срабатывания реле времени).
 9. Ручки 12 и 9 вернуть в исходное положение.
 10. Выключателем 11 отключить питание установки.

Материалы и принадлежности для просвечивания

Рентгеновские пленки.

Промышленность выпускает рентгеновские пленки четырех классов:

I класс (РТ-5) — мелкозернистая пленка с высокой разрешающей способностью (до 178 штр./мм). Пленка приспособлена к работе с металлическими усиливающими экранами и используется для контроля ответственных деталей, когда необходимо получить снимки наивысшего качества. Чувствительность пленки относительно низкая — около $10 P^{-1}$.

II класс (РТ-4М) — мелкозернистая пленка средней чувствительности (около $20 P^{-1}$) с высокой разрешающей способностью (до 134 штр./мм.). Пленка приспособлена к работе с металлическими усиливающими экранами и используется для просвечивания ответственных деталей средней толщины.

III класс (РТ-1) — высокочувствительная пленка (около $120 P^{-1}$) со средней разрешающей способностью (до 78 штр./мм). Пленка приспособлена к работе с металлическими усиливающими экранами и используется для просвечивания деталей значительной толщины.

IV класс (РТ-2) — наиболее высокочувствительная пленка (до $400 P^{-1}$) с низкой разрешающей способностью (до 70 штр./мм). Пленка приспособлена к работе с флуоресцирующими усиливающими экранами и используется для просвечивания деталей большой толщины. При контроле выявляются только относительно крупные дефекты.

Усиливающие экраны.

Промышленность выпускает металлические и флуоресцирующие экраны.

Металлические экраны (свинцовая или оловянная фольга) предназначены для защиты пленки от рассеянного излучения и сокращения времени просвечивания. Наибольшим усиливающим эффектом обладает свинцовая фольга толщиной 0,02...0,05 мм.

Флуоресцирующие экраны предназначены для сокращения времени просвечивания. Их изготавливают из картона, на одну сторону которого наносят тонкий слой флуоресцирующего вещества. Разрешающая способность снимков, полученных с использованием флуоресцирующих экранов, обычно не превышает 17 штр./мм.

Кассеты.

Используют жесткие и гибкие кассеты. Жесткие кассеты изготавливают из дерева, пластмассы или картона.

Наиболее распространены гибкие кассеты, изготовленные из светозащитной (черной) бумаги в виде конвертов различных форматов. В кассету помещают одну или несколько пленок (обычно две) и усиливающие экраны.

Ориентировочные значения переходных коэффициентов K_n , которые учитывают при расчете времени просвечивания при различных комбинациях пленок и усиливающих экранов представлены в таблице 8.

Таблица 1 - Значения коэффициента K_n для различных плёнок и экранов

| Схема зарядки кассет | Значения K_n для плёнок | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------|------|------|------|
| | РТ-1 | РТ-2 | РТ-3 | РТ-4 | РТ-5 |
| Без экрана | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| Металлический экран | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 |
| Флюоресцирующий экран | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 |

Эталоны чувствительности.

Промышленность выпускает эталоны чувствительности двух типов: пластинчатые (канавочные) и проволочные.

Канавочные эталоны изготавливают в виде пластинок с канавками убывающей ширины и глубины. Эталон выпускается четырех типоразмеров из стальных, алюминиевых и титановых сплавов. Эталон этого типа обычно используют в тех случаях, когда ожидают дефекты в виде раковин, включений и т.д.

Проволочный эталон состоит из набора проволочек (7шт.), помещенных в полиэтиленовый конверт. Эталон изготавливают четырех типоразмеров из железных, алюминиевых и медных сплавов. Проволочные эталоны обычно используют в тех случаях, когда ожидают дефекты в виде расслоений, трещин и т. д.

Эталон чувствительности можно изготовить самостоятельно с учётом конкретной задачи контроля. При этом их размеры (толщину проволочек и пластинок, глубину канавок, материал и т.д.) выбирают с учётом заданных характеристик объекта и ожидаемых характеристик дефектов. Эталон чувствительности устанавливают на объект со стороны просвечивания.

Негатоскоп.

Негатоскоп – оптический прибор, предназначенный для расшифровки рентгеновских снимков. Силу света, создаваемого на экране негатоскопа, можно регулировать в зависимости от плотности почернения снимка. К негатоскопу придаётся набор линз различного увеличения (до 10^x) для выявления на снимке мелких дефектов.

1.3. Общие рекомендации по проведению рентгеновского контроля

Рентгенографический контроль включает:

- подготовку рабочего места;
- подготовку объекта к просвечиванию;
- подготовку рентгеновской установки и вспомогательного оборудования;
- выбор схемы и режима просвечивания
- экспонирование пленки (просвечивание);
- химическая обработка пленки;
- расшифровку снимка и поиск дефектов.

Подготовка рабочего места заключается в обеспечении аппаратуры источниками питания и необходимой защиты оператора от воздействия проникающих излучений.

К участку просвечивания подводят питание (220В), заземление, а при работе с охлаждением трубки ещё и водопровод со стоком в канализацию. Участок стоянки, на котором проводят просвечивание, огораживают и выставляют знаки радиационной опасности. Все работы на ВС, не связанные с просвечиванием, временно прекращают.

Подготовка объекта к просвечиванию заключается в удалении из конструкции элементов, затеняющих исследуемый участок детали. В некоторых случаях для этого производят демонтаж отдельных деталей конструкции и удаляют толстые слои защитных покрытий, герметик и загрязнения.

Подготовка рентгеновской установки и вспомогательного оборудования заключается в подключении рентгеновской установки к источникам питания, установке излучателя, кассет, эталонов чувствительности и различительных знаков в соответствии со схемой просвечивания.

Для установки излучателя используют штативы, подставки, стремянки, подъемники и т.д. Крепление кассет осуществляют при помощи липкой ленты или магнитных прижимов.

Выбор схемы и режима просвечивания заключается в обеспечении условий для получения максимальной геометрической чувствительности снимка:

- направление просвечивания выбирают вдоль плоскости ожидаемого дефекта;
- фокусное расстояние – близким к стандартному (75см);
- расстояние от ожидаемого дефекта до кассеты – минимальное.

Выбор режима просвечивания заключается в расчёте времени просвечивания, величины анодного напряжения и тока трубки.

При выборе режима просвечивания пользуются специальные номограммы (рис. 4), которые позволяют определить напряжение и ток трубки, а также время просвечивания для различных материалов и толщин деталей.

Время просвечивания t по полученной из номограммы экспозиции \mathcal{E} рассчитывают по формуле:

$$t = \mathcal{E} K_n (H/F)^2 / I \text{ мин.}$$

где: \mathcal{E} - экспозиция, мА мин.; K_n - переходный коэффициент плёнки с экраном (таблица 1); I - допустимый анодный ток трубки, мА; H - фактическое фокусное расстояние, см.; F - стандартное фокусное расстояние (75 см).

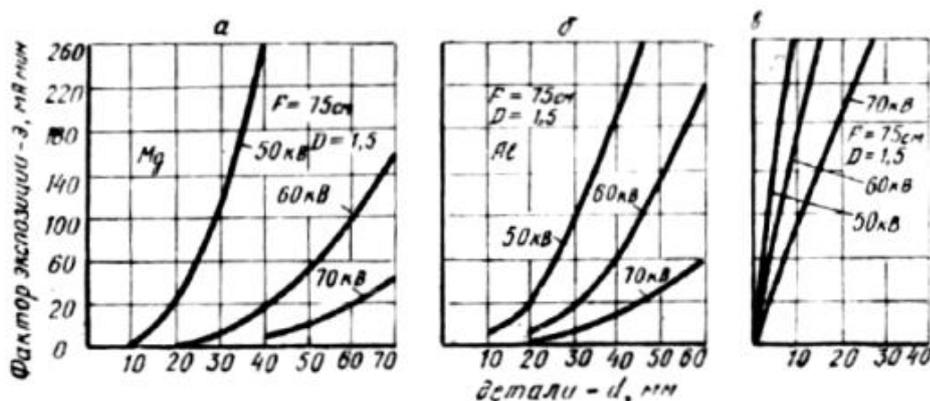


Рисунок 4 - Номограммы для расчёта режима просвечивания магниевых (а), алюминиевых (б) и стальных (в) конструкций

Увеличение времени просвечивания более 5 мин. приводит к перегреву излучателя и требует подвода воды для охлаждения трубки.

Внимание! Просвечивание можно начинать только после обеспечения полной радиационной безопасности оператора и технического состава.

Экспонирование пленки (просвечивание) заключается в облучении конструкции рентгеновскими лучами в соответствии со схемой и режимом просвечивания. Экспонирование начинается в момент подачи напряжения на анод трубки. При этом не

допускаются сотрясения излучателя и объекта, так как они приводят к «размыванию» изображения и снижению чувствительности снимка.

Химическая обработка пленки заключается в получении видимого изображения объекта. Процесс химической обработки рентгеновских пленок идентичен обработке обычных фотоматериалов.

Химическую обработку пленок и зарядку кассет производят в полной темноте или при слабом желто-зеленом освещении. Рекомендуемый состав для химической обработки пленки приведен на её упаковке, Качество химической обработки пленки существенно влияет на чувствительность снимка.

Качество химической обработки пленки оценивают по отсутствию видимых следов повреждения (царапин, деформаций, проколов), не проявленных и не закрепленных участков, вуали, зернистости изображения и других дефектов снимка.

Расшифровка снимков заключается в оценке качества химической обработки пленки, правильности назначения времени просвечивания, в оценке чувствительности снимка. Расшифровку проводят на негатоскопе при достаточном для просвечивания снимка потоке света. В некоторых случаях при этом используют простейшую оптику (лупу) с увеличением до 10 крат.

Правильность назначения времени просвечивания оценивают по плотности почернения снимка на исследуемом участке объекта (плотность почернения должна быть в пределах 1,5...2,5). Для оценки плотности почернения снимка обычно используют оптический фотометр (например, типа ФМ-56) эталонные снимки с разной плотностью почернения и т.д.

Чувствительность снимка оценивают по изображению эталона чувствительности или по выявлению мелких элементов объекта (резьбы, канавок, проточек и т. д.).

Поиск дефектов заключается в сравнении изображения контролируемого участка конструкции со снимком аналогичного объекта, имеющего недопустимые дефекты. На основе сопоставления снимков делают заключение о техническом состоянии и «годности» объекта к эксплуатации.

2. Практическая часть

В ходе выполнения практической части лабораторной работы решают следующие задачи.

1. Разработка рабочей методики рентгеновского контроля заданного объекта.
2. Проведение рентгеновского контроля заданного объекта в соответствии с разработанной методикой.

2.1. Разработка рабочей методики рентгеновского контроля

На сегодняшний день накоплен достаточно большой опыт применения рентгенографического метода для целей эксплуатационного контроля авиационных конструкций. Несмотря на это, в каждом конкретном случае приходится составлять рабочую методику проведения контроля, которая учитывает особенности конструкции и условий эксплуатации объекта, материал конструкции и характер ожидаемых дефектов, условия проведения контроля, технические возможности аппаратуры и другие факторы, влияющие на эффективность рентгеновского контроля.

При составлении рабочей методики необходимо выполнить следующие работы.

1. Установить наименование и условия работы объекта.
2. Установить материал объекта.
3. Установить характер и параметры ожидаемых дефектов объекта.
4. Выбрать схему просвечивания объекта.

5. Выбрать тип рентгеновской установки и плёнки.
6. Выбрать режим просвечивания (время, анодное напряжение и ток просвечивания).
7. Выбрать способ оценки качества химической обработки и чувствительности снимка.
8. Выбрать способ эталонирования дефектов объекта.

2.2. Проведение рентгеновского контроля

Контроль заданного объекта проводят в соответствии с разработанной рабочей методикой и общими рекомендациями по применению рентгенографического метода.

Контрольные вопросы

1. Назначение и область применения рентгенографического метода?
2. Какие факторы определяют геометрическую и контрастную чувствительность рентгенографического метода?
3. Какие факторы определяют выбор режима просвечивания?
4. Как оценивают чувствительность рентгеновского снимка?
5. Как осуществляют защиту оператора и технического персонала от воздействия рентгеновских излучений?

Содержание отчёта

1. Краткие сведения о назначении и физической сущности рентгенографического метода.
2. Основные технические данные установки РУП – 120 - 5 - 1.
3. Рабочая методика рентгеновского контроля заданного объекта.
4. Результаты расшифровки снимка и заключение о «годности» объекта к эксплуатации.

Литература

1. Пивоваров В.А, Белоусов Г.Г, Померанцев Д.С, Пенкин А.А. Методы и средства оптико – визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 80с.
2. Пивоваров В.А., Машошин О.Ф. Дефектоскопия гражданской авиационной техники: Учеб. пособие для вузов. –М: Транспорт, 1997. – 136с.
3. Неразрушающий контроль материалов и изделий. Справочник. Под ред. Г.С.Самойловича М.: Машиностроение, 1976. – 456с.