



**НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР  
КАЧЕСТВО**

**ООО «НУЦ «Качество»**

**Центральный офис:** Марьиной Рощи 3-й проезд, д. 40, стр. 1, Москва, 127018

**Тел.:** (495) 744-70-52, **Факс:** (495) 744-70-51 **Тел./Факс:** (495) 777-41-02

**Дополнительный офис:** Полковая ул., д.3, стр.9, Москва, 127018

**Тел.:** (495) 744-70-52, **Факс:** (495) 744-70-51 **Тел./Факс:** (495) 777-41-02

**Почтовый адрес:** 127521, г. Москва, а/я 50

[www.centr-kachestvo.ru](http://www.centr-kachestvo.ru) **E-mail:** [info@centr-kachestvo.ru](mailto:info@centr-kachestvo.ru)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НУЦ «Качество»

Г.П. Батов

18.07.2019 г.

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА  
ПО ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ  
В СООТВЕТСТВИИ С ISO 9712  
(уровни I, II, III)**

Москва, 2019

Программа подготовки специалистов по неразрушающему контролю (НК) разработана в ООО «НУЦ «Качество» на основании требований ISO 9712:2012.

Настоящая программа предназначена для подготовки к сертификации специалистов НК организаций, осуществляющих работы по НК в области цифровой радиографии.

Подготовка включает лекции, самостоятельную работу и практическую подготовку с использованием оборудования НК.

Программа подготовки составлена с учетом уровня квалификации персонала НК и включает темы и разделы, необходимые для специалистов соответствующего уровня.

| Темы и часы подготовки                                                            | Раздел                                          | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Цифровой радиографический контроль (ЦРК) – Уровень 1 (40 часов подготовки)</b> |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. Введение.<br>(1 час)                                                           | <b>Цели и задачи цифровой радиографии.</b>      | Цели и задачи НК<br>Возможности радиационного контроля<br>Примеры задач радиационного контроля<br>Обязанности специалиста 1-го уровня по цифровой радиографии<br>Навыки и знания необходимые специалисту 1-го уровня по цифровой радиографии<br>Ознакомление с учебным планом<br>История радиографии               |
| 2. Теоретические основы цифровой радиографии<br>(11 часов)                        | <b>Природа гамма и рентгеновского излучения</b> | Строение атома<br>Фотон<br>Энергия излучения<br>Рентгеновское излучение<br>Гамма излучение<br>Распад радиоактивных веществ.<br>Изотопы: Ir 192, Co 60, Se 75, Yb 169<br>Активность<br>Процесс ионизации<br>Период полураспада, другие виды излучения<br>Прямолинейное распространение<br>Закон обратных квадратов. |

| Темы и часы подготовки | Раздел                                           | Содержание                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <b>Терминология:</b>                             | ISO 5576:1997<br>Неразрушающий контроль – промышленная рентгеновская и гамма радиология.<br>Термины и определения<br>Электромагнитное излучение<br>Доза облучения<br>Интенсивность облучения                                           |
|                        | <b>Создание рентгеновского излучения.</b>        | Функция Рентгеновских трубок<br>Ток трубки I<br>Напряжение трубки U<br>Влияние напряжения и тока трубки на энергию и интенсивность облучения                                                                                           |
|                        | <b>Взаимодействие излучения со средой</b>        | Рассеяние<br>Поглощение<br>Первичная радиация<br>Рассеянное излучение<br>Влияние толщины слоя вещества на поглощение<br>Типы материалов<br>Толщина слоя 2-х кратного ослабления<br>Толщина слоя 10-ти кратного ослабления<br>Ионизация |
|                        | <b>Взаимодействие излучения с телом человека</b> | Опасность облучения<br>Эквивалентная доза облучения                                                                                                                                                                                    |
|                        | <b>Регистрация излучения</b>                     | На основе Канализации химических реакций<br>На основе ионизации<br>На основе люминесценции<br>На основе активируемой люминесценции<br>На основе фотоэлектрического эффекта<br>На основе P-N транзитов                                  |

| Темы и часы подготовки                                | Раздел                                                                    | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | <b>Геометрия рентгеновского просвечивания</b>                             | Геометрическая нерезкость<br>Расстояние между объектом контроля и детектором<br>Размер фокусного пятна<br>Расстояние между источником и объектом                                                                                                                                                                                    |
| <b>3. Оборудование и технология контроля (4 часа)</b> | <b>Устройство и принцип функционирования рентгеновских дефектоскопов.</b> | Стационарные и передвижные устройства<br>Рентгеновские трубки<br>Стеклянные и металл-керамические трубки<br>Охлаждение: газ, вода, масло<br>Устройство трубок<br>Обычные рентгеновские трубки<br>Фокусное пятно<br>Высокое напряжение, max. действительное<br>Время экспозиции<br>Контур безопасности<br>Инструкции по эксплуатации |
|                                                       | <b>Устройство и принцип действия гамма дефектоскопов</b>                  | Защитный контейнер<br>Класс Р/М<br>Тип А/В (перенос)<br>Держатель источника и капсула<br>Капсулированный радиоактивный материал<br>Устройство для перемещения капсулы<br>Разводка<br>Дистанционное управление<br>Коллимация<br>Подгонка<br>Инструкции по эксплуатации<br>Ссылки на национальные требования по безопасности          |

| Темы и часы подготовки       | Раздел                                                             | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | <b>Детекторы излучения</b>                                         | Цифровое изображение: пиксель, разрешение<br>Типы детекторов (с прямой и непрямой трансформацией сигнала)<br>Детекторы, работающие в реальном времени<br>Детекторы с накоплением сигнала<br>Фосфорные пластины<br>Устройства для считывания пластин<br>Плоскопанельные детекторы |
|                              | <b>Вспомогательное оборудование для радиографического контроля</b> | Кассеты<br>Удерживающие магниты<br>Защитные экраны<br>Фильтры.<br>Резиновые держатели<br>Приспособления для защиты от радиации.                                                                                                                                                  |
|                              | <b>Оборудование для измерения радиации</b>                         | Сцинтилляционные счетчики<br>Газоразрядные счётчики<br>Персональные измерители дозы радиации                                                                                                                                                                                     |
|                              | <b>Системы маркировки</b>                                          | Маркировочные знаки местоположения объекта на пленке<br>нестираемая маркировка объекта<br>точка и направление отсчета<br>Маркированная кастета<br>Мерный пояс                                                                                                                    |
|                              | <b>Обработка изображения</b>                                       | Основные функции программных средств<br>Разрешение изображения<br>Определение уровня серого<br>Определение соотношения сигнал/шум (SNR)<br>Пространственное разрешение                                                                                                           |
| <b>4. Стандарты (4 часа)</b> | <b>ISO 19232-5:2018</b>                                            | Не разрушающий контроль – промышленная компьютерная радиография с использованием накопительных фосфорных пластин – Часть 1. Классификация систем                                                                                                                                 |

| Темы и часы подготовки                    | Раздел                                                                                                                  | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | <b>Контроль отливок в соответствии с EN 12681</b>                                                                       | Общие положения<br>Класс контроля<br>Основные продвинутое техники контроля<br>Количество экспозиций<br>Выбор энергии<br>Количество снимков.<br>Средняя толщина стенки.<br>Сравнительны каталоги для оценки стальных и алюминиевых отливок<br>ASTM E2868:17<br>ASTM E2973 |
|                                           | <b>Контроль сварных швов ISO 17636-2:2013</b>                                                                           | Неразрушающий контроль швов – Часть 2. Рентгеновский и гамма контроль с использованием цифровых детекторов                                                                                                                                                               |
|                                           | <b>ISO 20769-1:2018</b>                                                                                                 | Неразрушающий контроль – контроль коррозии и отложений в трубах методами гамма и рентгенографии – Часть 1. Тангенсальная радиография                                                                                                                                     |
|                                           | <b>ISO 20769-2:2018</b>                                                                                                 | Неразрушающий контроль – контроль коррозии и отложений в трубах методами гамма и рентгенографии – Часть 2. Контроль через 2 стенки                                                                                                                                       |
|                                           | <b>Особые процедуры, описанные в инструкциях заказчика (выявление коррозии, наличия жидкости в пористых структурах)</b> | Описание процедуры, критерии оценки, особые требования                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>5. Практическая работа. (20 часов)</b> | <b>Калибровка системы</b>                                                                                               | Определение уровня серого<br>Определение соотношения сигнал/шум (SNR)<br>Определение пространственного разрешения                                                                                                                                                        |
|                                           | <b>Контроль изделий в соответствии с заявленными секторами продукции</b>                                                | Разработка технологической карты<br>Проведение контроля (просвечивание, написание отчетов)                                                                                                                                                                               |

| Темы и часы подготовки                                                            | Раздел                                          | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Цифровой радиографический контроль (ЦРК) – Уровень 2 (40 часов подготовки)</b> |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1. Введение.<br>(1 час)                                                           | <b>Цели и задачи цифровой радиографии.</b>      | Цели и задачи НК<br>Возможности радиационного контроля<br>Примеры задач радиационного контроля<br>Обязанности специалиста 2-го уровня по цифровой радиографии<br>Навыки и знания, необходимые специалисту 2-го уровня по цифровой радиографии.<br>Ознакомление с учебным планом<br>Другие методы для подтверждения результата<br>История радиографии |
| 2. Теоретические основы цифровой радиографии<br>(23 часов)                        | <b>Природа гамма и рентгеновского излучения</b> | Строение атома.<br>Фотон<br>Энергия излучения<br>Рентгеновское излучение<br>Гамма излучение<br>Распад радиоактивных веществ.<br>Изотопы: Ir 192, Co 60, Se 75, Yb 169<br>Активность<br>Период полураспада, другие виды излучения<br>Прямолинейное распространение<br>Закон обратных квадратов                                                        |
|                                                                                   | <b>Терминология:</b>                            | ISO 5576:1997<br>Неразрушающий контроль – промышленная рентгеновского и гамма радиология.<br>Термины и определения<br>Электромагнитное излучение<br>Доза облучения<br>Интенсивность облучения                                                                                                                                                        |
|                                                                                   | <b>Создание рентгеновского излучения.</b>       | Функция Рентгеновских трубок<br>Ток трубки I<br>Напряжение трубки U<br>Влияние напряжения и тока трубки на энергию и интенсивность облучения                                                                                                                                                                                                         |

| Темы и часы подготовки | Раздел                                           | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <b>Взаимодействие излучения со средой</b>        | Рассеяние<br>Поглощение<br>Ионизация<br>Люминесценция<br>Комптоновское взаимодействие<br>Первичная радиация<br>Рассеянное излучение<br>Влияние толщины слоя вещества<br>Типы материалов<br>Толщина слоя 2-х кратного ослабления<br>Толщина слоя 10-ти кратного ослабления |
|                        | <b>Регистрация излучения</b>                     | На основе Канализации химических реакций<br>На основе ионизации<br>На основе люминесценции<br>На основе активируемой люминесценции<br>На основе фотоэлектрического эффекта<br>На основе P-N транзитов                                                                     |
|                        | <b>Взаимодействие излучения с телом человека</b> | Опасность облучения<br>Эквивалентная доза облучения<br>Определение допустимой дозы и времени нахождения под облучением                                                                                                                                                    |
|                        | <b>Организация безопасной работы</b>             | Расчёт толщины стенок защитных устройств, организация безопасной работы на участке                                                                                                                                                                                        |
|                        | <b>Геометрия рентгеновского просвечивания</b>    | Геометрическая нерезкость<br>Расстояние между объектом контроля и детектором.<br>Определение размера<br>Расстояние между источником и объектом                                                                                                                            |

| Темы и часы подготовки                          | Раздел                                                                    | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Оборудование и технология контроля (24 часа) | <b>Устройство и принцип функционирования рентгеновских дефектоскопов.</b> | Стационарные и передвижные устройства<br>Рентгеновские трубки<br>Стекланные и металл-керамические трубки<br>Устройство трубок<br>Обычные рентгеновские трубки<br>Трубки со стержневым анодом<br>Трубки с коротким анодом<br>Охлаждение водой и маслом<br>Фокусное пятно<br>Максимальный ток при высоком напряжении.<br>Время экспозиции<br>диаграмма<br>Контур безопасности<br>Инструкции по эксплуатации |
|                                                 | <b>Устройство и принцип действия гамма дефектоскопов</b>                  | Защитный контейнер<br>Класс Р/М<br>тип А/В (перенос)<br>Держатель источника и капсула<br>Капсулированный радиоактивный материал<br>Устройство для перемещения капсулы<br>Дистанционное управление<br>Коллимация<br>Инструкции по эксплуатации<br>Ссылки на национальные требования по безопасности<br>Кроулеры<br>Устройства для контроля теплообменников                                                 |

| Темы и часы подготовки        | Раздел                                     | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | <b>Цифровые детекторы излучения</b>        | Цифровое изображение, пиксель, разрешение<br>Типы детекторов (с прямой и непрямой трансформацией сигнала)<br>Детекторы, работающие в реальном времени<br>Детекторы с накоплением сигнала<br>Фосфорные пластины<br>Устройства для считывания пластин<br>Плоскопанельные детекторы<br>«Плохие пиксели»<br>Алгоритм корректировки изображения<br>Проверка разрешения детектора<br>Обнаружение повреждений<br>Потеря данных<br>Квалификация детекторов<br>Диапазон рабочих энергии излучения для детекторов. |
|                               | <b>Обработка изображения.</b>              | Основные функции программных средств<br>Разрешение изображения<br>Определение уровня серого<br>Определение соотношения сигнал/шум (SNR)<br>Пространственное разрешение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                               | <b>Оборудование для измерения радиации</b> | Сцинтилляционные счетчики<br>Газоразрядные счётчики<br>Персональные измерители дозы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                               | <b>Системы маркировки</b>                  | Маркировочные знаки местоположения<br>нестираемая маркировка объекта<br>точка и направление отсчета<br>Маркированная кастета<br>Мерный пояс                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>4. Стандарты (8 Часов)</b> | <b>ISO 19232-1:2018</b>                    | Неразрушающий контроль – промышленная компьютерная радиография с использованием накопительных фосфорных пластин – Часть 1. Классификация систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Темы и часы подготовки | Раздел                                            | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <b>ISO 19232-5:2018</b>                           | Неразрушающий контроль – промышленная компьютерная радиография с использованием накопительных фосфорных пластин – Часть 5. Определение пространственного разрешения нерезкости изображения и базового пространственного разрешения классификация с использованием дуплексного проволочного эталона чувствительности |
|                        | <b>ISO 16371-2:2017</b>                           | Неразрушающий контроль компьютерная радиография с использованием накопительных фосфорных пластин – Часть 2. Общие принципы контроля металлов с использованием гамма и рентгеновского излучения                                                                                                                      |
|                        | <b>Контроль отливок в соответствии с EN 12681</b> | Общие положение<br>Класс контроля<br>Основные продвинутое техники контроля<br>Количество экспозиций<br>Выбор энергии<br>Количество снимков<br>Средняя толщина стенки<br>Сравнительны каталоги для оценки стальных и алюминиевых отливок<br>ASTM E2868:17<br>ASTM E2973                                              |
|                        | <b>Контроль сварных швов ISO 17636-2:2013</b>     | Неразрушающий контроль швов – Часть 2. Рентгеновский и гамма контроль с использованием цифровых детекторов                                                                                                                                                                                                          |
|                        | <b>ISO 20769-1:2018</b>                           | Неразрушающий контроль – контроль коррозии и отложений в трубах гамма и рентгенография – Часть 1. Тангенсальная радиография.                                                                                                                                                                                        |
|                        | <b>ISO 20769-2:2018</b>                           | Неразрушающий контроль – контроль коррозии и отложений в трубах гамма и рентгенография – Часть 2. Контроль через 2 стенки                                                                                                                                                                                           |

| Темы и часы подготовки                                                            | Раздел                                                                                                                  | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   | <b>Особые процедуры, описанные в инструкциях заказчика (выявление коррозии, наличия жидкости в пористых структурах)</b> | Описание процедуры, критерии оценки, особые требования                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>5. Практическая работа. (24 часов)</b>                                         | <b>Калибровка системы</b>                                                                                               | Определение уровня серого Определение соотношения сигнал/шум (SNR)<br>Определение пространственного разрешения<br>Калибровка и проверка пригодности детекторов                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                   | <b>Контроль изделий в соответствии с заявленными секторами продукции</b>                                                | Разработка технологических карт<br>Проведение контроля (просвечивание, написание отчетов)                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Цифровой радиографический контроль (ЦРК) – Уровень 3 (40 часов подготовки)</b> |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>1. Введение. (1 час)</b>                                                       | <b>Цели и задачи цифровой радиографии</b>                                                                               | Цели и задачи НК<br>Возможности радиационного контроля<br>Примеры задач радиационного контроля<br>Обязанности специалиста 3-го уровня по цифровой радиографии.,<br>Навыки и знания необходимые специалисту 3-го уровня по цифровой радиографии.<br>Ознакомление с учебным планом<br>Другие методы для подтверждения результата<br>Ответственность |
| <b>2. Теория радиографического контроля (3 часа)</b>                              | <b>Перспективные технологии</b>                                                                                         | Пути развития технологии НК<br>ISO/TS 21432:2005<br>Неразрушающий контроль – Стандартный метод определения механических напряжений путем нейтронной дифракции.<br>ISO 15708-1:2017<br>Неразрушающий контроль – Радиационный метод компьютерной томографии                                                                                         |

| Темы и часы подготовки                                   | Раздел                                              | Содержание                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Подготовка к базовым экзаменам на уровень 3 (24 часа) | <b>Металлургия и технология производства</b>        | Введение в разрушение<br>Рабочие нагрузки<br>Металлургические процессы, преобразования в сталях, медных и алюминиевых сплавах<br>Генетика развития дефектов<br>Типовые технологии производства деталей<br>Эксплуатационные дефекты |
|                                                          | <b>Вероятность обнаружения</b>                      | <b>Влияние</b><br>направление луча и дефекта<br>геометрические параметры<br>толщина стенки.<br>количество экспозиций<br>Вероятностные кривые                                                                                       |
|                                                          | <b>Другие методы Контроля</b>                       | Визуальный<br>Ультразвуковой<br>Магнитопорошковый<br>Ультразвуковой<br>Капиллярный<br>Вихретоковый<br>Тепловой                                                                                                                     |
| <b>Составление инструкций (12 часов)</b>                 | <b>Практические занятия по написанию инструкций</b> | Обязательные разделы в любой инструкции по НК<br>Типовые ошибки в инструкция                                                                                                                                                       |

