**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной

деятельности

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.А. Панфилов

Ответственный за программу

Заместитель директора института повышения квалификации и переподготовки кадров ВлГУ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.В. Коноплёва

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г.

**Паспорт Образовательной программы**

**«Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»**

|  |  |
| --- | --- |
| **Версия программы** | **1** |
| **Дата Версии** | **14.10.2020** |

1. **Сведения о Провайдере**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.1 | Провайдер | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ) |
| 1.2 | Логотип образовательной организации | **C:\Users\ekrasil\Downloads\Логотип ВлГУ - новый (1).jpg** |
| 1.3 | Провайдер ИНН | 3327102091 |
| 1.4 | Ответственный за программу ФИО | Коноплёва Наталья Владимировна |
| 1.5 | Ответственный должность | Заместитель директора института повышения квалификации и переподготовки кадров ВлГУ |
| 1.6 | Ответственный Телефон | (4922) 47 76 79 |
| 1.7 | Ответственный Е-mail | knv075@yandex.ru |

1. **Основные Данные**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Название** | **Описание** |
| 2.1 | Название программы | Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях |
| 2.2 | Ссылка на страницу программы | <http://ipkipk.vlsu.ru/index.php?id=78> |
| 2.3 | Формат обучения | с применением электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий |
|  | Подтверждение от ОО наличия возможности реализации образовательной программы с применением электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий с возможностью передачи данных в форме элементов цифрового следа | да |
| 2.4 | Уровень сложности | Базовый |
| 2.5 | Количество академических часов | **72** |
|  | Практикоориентированный характер образовательной программы: не менее 50 % трудоёмкости учебной деятельности отведено практическим занятиям и (или) выполнению практических заданий в режиме самостоятельной работы (кол-во академических часов) | 63% |
| 2.6 | Стоимость обучения одного обучающегося по образовательной программе, а также предоставление ссылок на 3 (три) аналогичные образовательные программы иных организаций, осуществляющих обучение, для оценки объективности стоимости или обоснование уникальности представленной образовательной программы в случае отсутствия аналогичных образовательных программ на рынке образовательных услуг | 30 000 рублей.  [**https://www.melytec.ru/events/professionalnaya-materialografiya-spb/**](https://www.melytec.ru/events/professionalnaya-materialografiya-spb/)  [**https://iocenter.ru/events/seminar/Promishlennaya\_bezopasnost\_/29913/**](https://iocenter.ru/events/seminar/Promishlennaya_bezopasnost_/29913/)  [**https://www.cntiprogress.ru/seminarsforcolumn/37199.aspx**](https://www.cntiprogress.ru/seminarsforcolumn/37199.aspx) |
| 2.7 | Минимальное количество человек на курсе | **25** |
| 2.8 | Максимальное количество человек на курсе | 100 |
| 2.9 | Данные о количестве слушателей, ранее успешно прошедших обучение по образовательной программе | 0 |
| 2.10 | Формы аттестации | Онлайн-тестирование |
|  | Указание на область реализации компетенций цифровой экономики, к которой в большей степени относится образовательная программа, в соответствии с Перечнем областей | Новые производственные технологии |

1. **Аннотация программы**

Промышленная рентгеновская компьютерная томография является перспективным методом неразрушающей диагностики и структуроскопии, открывающим новые возможности для исследования структурно-морфологических характеристик различных материалов и внутренних дефектов изделий из них. Привлекательность использования рентгеновской компьютерной томографии для решения различных производственных задач заключается в оперативности проведения исследований, снижении трудозатрат при подготовке образцов, получении подробной информации об объемном строении исследуемых объектов. Целью обучения по программе «Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях» является приобретение компетенций в области неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии при разработке и внедрении новых производственных технологий. Освоение программы позволит слушателям осуществлять трудовую деятельность в области неразрушающего контроля материалов и изделий с применением рентгеновской компьютерной томографии. Профессиональные траектории выпускников программы могут включать работу в должностях руководителей и специалистов лабораторий неразрушающего контроля и испытательных лабораторий промышленных предприятий, ВУЗов и НИИ.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации

«Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»

72 час.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**1.Цель программы**

Приобретение компетенций в области неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии при разработке и внедрении новых производственных технологий.

**2.Планируемые результаты обучения:**

**2.1.Знание (осведомленность в областях)**

2.1.1. Параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа;

2.1.2. Функции, виды и характеристики рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов;

2.1.3. Методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий;

2.1.4. Физические и математические закономерности реконструкции пространственного распределения линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения, интегральные и алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии;

2.1.5. Приемы томографической реконструкции в системе VGStudioMax и визуализации томографических данных в системе myVGL.

**2.2. Умение (способность к деятельности)**

2.2.1. Выбирать методики и оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии;

2.2.2. Разрабатывать и корректировать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии;

2.2.3. Выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL.

**2.3.Навыки (использование конкретных инструментов)**

2.3.1. Разработка и корректировка программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии;

2.3.2. Оценка качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии.

**3.Категория слушателей** (возможно заполнение не всех полей)

* 1. Образование

Высшее / среднее профессиональное. Допускается прием на обучение по программе лиц, получающих высшее или среднее профессиональное образование при предоставлении справки с места обучения. При этом по завершении освоения программы таким лицам выдается справка об обучении, удостоверение о повышении квалификации выдается впоследствии при предоставлении копии диплома о высшем или среднем профессиональном образовании. Допускается прием на обучение по программе лиц, получающих высшее или среднее профессиональное образование при предоставлении справки с места обучения. При этом по завершении освоения программы таким лицам выдается справка об обучении, удостоверение о повышении квалификации выдается впоследствии при предоставлении копии диплома о высшем или среднем профессиональном образовании.

* 1. Квалификация

Не требуется

* 1. Наличие опыта профессиональной деятельности

Требований не предъявляется

* 1. Предварительное освоение иных дисциплин/курсов /модулей

Требований не предъявляется

**4.Учебный план программы «Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Модуль** | **Всего, час** | **Виды учебных занятий** | | |
| **лекции** | **практические занятия** | **самостоятельная работа** |
|  | Модуль 1. Физические и математические основы рентгеновской компьютерной томографии | **20** | **6** | **8** | **6** |
|  | Модуль 2. Промышленные томографы и их компоненты | **26** | **10** | **10** | **6** |
|  | Модуль 3. Обработка, анализ и визуализация томографических данных | **26** | **10** | **10** | **6** |
| **Итоговая аттестация** | |  | **Зачет** | | |
|  | | **72** |  | | |

**5.Календарный план-график реализации образовательной программы**

01.11.2020-15.11.2020, периодичность набора групп – не менее 3 групп в год

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование учебных модулей** | **Трудоёмкость (час)** | **Сроки обучения** |
| **1** | Модуль 1. Физические и математические основы рентгеновской компьютерной томографии | **20** | **1.11.2020 -4.11.2020** |
| **2** | Модуль 2. Промышленные томографы и их компоненты | **26** | **4.11.2020 – 8.11.2020** |
| **3** | Модуль 3. Обработка, анализ и визуализация томографических данных | **26** | **9.11.2020-15.11.2020** |
|  | Итоговая аттестация |  | **15.11.2020** |
| **Всего:** | | **72** |  |

**6.Учебно-тематический план программы «Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Модуль / Тема** | **Всего, час** | **Виды учебных занятий** | | | **Формы контроля** |
| **лекции** | **практические занятия** | **самостоятельная работа** |
| 1 | **Модуль 1. Физические и математические основы рентгеновской компьютерной томографии** | **20** | **6** | **8** | **6** | **Тест** |
| 1.1 | **Возбуждение и распространение рентгеновских лучей** | **6** | **2** | **2** | **2** |  |
| 1.2 | **Интегральные методы реконструкции в компьютерной томографии** | **8** | **2** | **4** | **2** |  |
| 1.3 | **Алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии** | **6** | **2** | **2** | **2** |  |
| 2 | **Модуль 2. Промышленные томографы и их компоненты** | **26** | **8** | **12** | **6** | **Тест** |
| 2.1 | **Базовая конфигурация промышленных томографических систем** | **6** | **2** | **2** | **2** |  |
| 2.2 | **Источники рентгеновского излучения** | **8** | **2** | **4** | **2** |  |
| 2.3 | **Детекторные устройства** | **8** | **2** | **4** | **2** |  |
| 2.4 | **Современные томографы для контроля промышленных изделий: модели и производители** | **4** | **2** | **2** | **0** |  |
| 3 | **Модуль 3. Обработка, анализ и визуализация томографических данных** | **8** | **8** | **12** | **6** | **Тест** |
| 3.1 | **Базовые инструменты программы VGStudioMax** | **6** | **2** | **2** | **2** |  |
| 3.2 | **Томографическая реконструкция в системе VGStudioMax** | **8** | **2** | **4** | **2** |  |
| 3.3 | **Объемный рендеринг и экстракция поверхности** | **4** | **2** | **2** | **0** |  |
| 3.4 | **Свободное программное обеспечение MyVGL** | **8** | **2** | **4** | **2** |  |

**7. Учебная (рабочая) программа повышения квалификации «Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»**

**Модуль 1. Физические и математические основы рентгеновской компьютерной томографии (20 час.)**

**Тема 1.1 Возбуждение и распространение рентгеновских лучей (6 час)**

Понятия и определения физики рентгеновского излучения. Генерирование потока рентгеновских лучей. Источники. Характеристическое и тормозное излучение. Энергия рентгеновского излучения. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Интенсивность рентгеновского излучения. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Фотоэлектрический эффект. Закон Ламберта-Бера. Оже-эффект. Когерентное и некогерентное рассеяние.

**Тема 1.2 Интегральные методы реконструкции в компьютерной томографии (8 час)**

Методы обращения интегрального преобразования. Метод двумерной фильтрации (ро-фильтрация). Геометрический смысл преобразования Радона. Связь преобразования Радона с преобразованием Фурье. Формула Радона для функции двух переменных. Формула Радона для функции нескольких переменных. Теорема о центральном сечении. Аналоги теоремы о центральном сечении. Метод Фурье-синтеза. Метод одномерной фильтрации (метод фильтрованных обратных проекций). Разложение в ряд Фурье. Преобразование Абеля. Лучевое и веерное преобразования. Сопряженные операторы и формулы обращения. Экспоненциальное преобразование Радона.

**Тема 1.3 Алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии (6 час)**

Задача вычислительной томографии в дискретной форме. Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Теорема Котельникова-Шеннона и ее доказательство. Условие Найквиста. Двумерные схемы дискретизации. Причины неприменимости прямых методов решения систем линейных алгебраических уравнений в томографии. Итерационные методы решения. Априорные ограничения на искомое решение. Метод простой итерации. Метод скорейшего спуска. Метод алгебраической реконструкции (ART). SIRT-метод. Сравнительные характеристики итерационных методов.

**Модуль 2. Промышленные томографы и их компоненты (26 час.)**

**Тема 2.1 Базовая конфигурация промышленных томографических систем (6 час)**

Поколения томографов и схемы сканирования. Узлы и элементы установок промышленной рентгеновской компьютерной томографии. Сканирующие системы. Эквидистантные схемы организации сбора измерительных данных. Рентгеновский источник. Элементы рентгенооптики. Система коллимирования. Детекторы. Манипуляторы для позиционирования объекта между источником и детектором. Особенности конструкции корпусных элементов томографа. Защита от рентгеновского излучения. Средства обеспечения радиационной, электрической и механической безопасности.

**Тема 2.2 Источники рентгеновского излучения (8 час)**

Технические рентгеновские трубки. Энергетический спектр рентгеновской трубки. Микрофокусные и нанофокусные трубки. Параметры рентгеновских трубок, используемых в компьютерной томографии: размеры фокального пятна; анодное напряжение; анодный ток; длительность импульса; мощность. Катоды излучающих элементов. Методы стабилизации анодного напряжения. Источники синхротронного излучения.

**Тема 2.3 Детекторные устройства (8 час)**

Функции детекторных устройств рентгеновских компьютерных томографов. Требования к детекторным устройствам. Принципы работы детекторов рентгеновского излучения. Плоскопанельные и линейные рентгеновские детекторы. Цифровые детекторы непрямого преобразования рентгеновского излучения. Сцинтилляционные детекторы. Панели на основе аморфного кремния. Цифровые детекторы прямого преобразования рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы на основе CdTe и CdZnTe.Методы калибровки цифровых детекторных систем.

**Тема 2.4 Современные томографы для контроля промышленных изделий: модели и производители (4 час)**

Ведущие зарубежные производители промышленных томографических установок: General Electric, Nikon, Bruker. Промышленные рентгеновские томографы MCT 225 Metrology CT XT H 225/320 LC (Nikon). Модельный ряд томографических установок phoenix x-ray (General Electric). Модельный ряд отечественных промышленных томографов: X-LAB 100 (НИЦ «Промышленная оптика»), ВТ-600ХА («Проминтро») и др.

**Модуль 3. Обработка, анализ и визуализация томографических данных (8 час.)**

**Тема 3.1 Базовые инструменты программы VGStudioMax (6 час)**

Volume Graphics GmbH. Сравнительные характеристики VGStudio MAX и VGStudio. Основные элементы рабочего пространства VGStudioMax. Визуализация результатов рендеринга в 3D Window. Выбор области интереса: Region of Interest (ROI). Двумерные окна (2D Windows). Окно профиля (ProfileWindow). Строка состояния (Status Bar). Элементы меню: File, Edit, Object, Select, Filter, Instruments, Analysis, Animation, Tools, Window, Help.

**Тема 3.2 Томографическая реконструкция в системе VGStudioMax (8 час)**

Алгоритмы томографической реконструкции. Пре-процессинг проекций. Просмотр и редактирование файлов проекций. Сортировка файлов проекций. Параметры реконструкции: режимы интерполяции и фильтрации, шумоудаление, компенсация вариаций интенсивности излучения. Ужесточение рентгеновского спектра пучка. Режим импорта. Выбор типа данных результатов реконструкции. Визуализация результатов. Причины артефактов изображений в промышленной компьютерной томографии и методы их коррекции.

**Тема 3.3 Объемный рендеринг и экстракция поверхности (4 час)**

Воксельные массивы трехмерных данных. Трилинейная интерполяция по воксельному массиву. Алгоритм объемного рендеринга. Задание плоскости наблюдения, ракурса просмотра, изменение масштаба. Настройка рендеринга. Методика настройки параметров объемного рендеринга и экстракции поверхности для заданных условий.Ограничения рендеров. Рендеринг CAD/Polygon. Инструмент SurfaceExtraction (экстракция поверхности). Передискретизация. Симплификация.

**Тема 3.4 Свободное программное обеспечение MyVGL (8 час)**

Особенности пользовательского интерфейса. Рабочее пространство myVGL. Элементы управления myVGL для визуализации данных. Работа с результатами расширенного анализа. Инструмент Defect Detection. Инструмент Nominal/Actual comparison. Инструмент Wall thickness. Инструмент P201 (анализ пористости по стандарту VDG P201 VW50097). Инструмент Orientationanalysis. Инструмент CM reporting.

**Описание практико-ориентированных заданий и кейсов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Номер темы/модуля** | **Наименование практического занятия** | **Описание** |
| 1.1 | Возбуждение и распространение рентгеновских лучей | Оценка ослабления рентгеновского излучения в зависимости от материала и толщины абсорбирующего вещества | Формирование умений по разработке и корректировке режимов рентгеновского томографического контроля изделий в части расчетной оценки ослабления рентгеновского излучения в зависимости от материала и толщины адсорбирующего вещества |
| 1.2 | Интегральные методы реконструкции в компьютерной томографии | Вычисление преобразования Радона для различных схем сканирования | Формирование умений по разработке и корректировке режимов рентгеновского томографического контроля изделий в части вычисления преобразования Радона для различных схем сканирования |
| 1.3 | Алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии | Вычисления по алгоритмам дискретного и быстрого преобразований Фурье | Формирование умений по разработке и корректировке режимов рентгеновского томографического контроля изделий в части проведения вычислений по алгоритмам дискретного и быстрого преобразований Фурье |
| 2.1 | Базовая конфигурация промышленных томографических систем | Изучение узлов и элементов рентгеновского компьютерного томографа | Формирование умений по выбору методик и оборудования для рентгеновского томографического контроля изделий в части анализа основных узлов и составных элементов рентгеновского компьютерного томографа |
| 2.2 | Источники рентгеновского излучения | Изучение параметров микро- и нанофокусных рентгеновских трубок | Формирование умений по выбору методик и оборудования для рентгеновского томографического контроля изделий в части анализа параметров микро- и нанофокусных рентгеновских трубок |
| 2.3 | Детекторные устройства | Изучение принципов калибровки цифровых детекторных систем | Формирование умений по выбору методик и оборудования для рентгеновского томографического контроля изделий в части калибровки цифровых детекторных систем |
| 2.4 | Современные томографы для контроля промышленных изделий: модели и производители | Изучение особенностей и диагностических возможностей томографических установок phoenix x-ray | Формирование умений по выбору методик и оборудования для рентгеновского томографического контроля изделий в части анализа параметров и характеристик томографических установок на примере модельного ряда phoenix x-ray |
| 3.1 | Базовые инструменты программы VGStudio Max | Анализ интерфейса и функционала программы VGStudioMax | Ознакомление с интерфейсом программы VGStudio Max, анализ и описание основных элементов интерфейса и их функционала |
| 3.2 | Томографическая реконструкция в системе VGStudio Max | Визуализация результатов томографической реконструкции | Визуализация результатов томографической реконструкции, создание набора двумерных сечений, выделение область интереса (ROI), подготовка AVI-файла |
| 3.3 | Объемный рендеринг и экстракция поверхности | Анализ и представление воксельных массивов трехмерных данных на основе объемного рендеринга | Подготовка аналитического решения уравнения объемного рендеринга для объекта, имеющего форму сферы, с использованием рекурсивных вычислительных формул композитинга |
| 3.4 | Свободное программное обеспечение MyVGL | Количественный анализ структурно-морфологических параметров изделия в системе myVGL | Проведение анализа структурно-морфологических характеристик образца по готовым наборам томографических данных с использованием инструментов программы myVGL |

**8.Оценочные материалы по образовательной программе**

**8.1. Вопросы тестирования по модулям**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № модуля | Вопросы входного тестирования | Вопросы промежуточного тестирования | Вопросы итогового тестирования |
| 1 | Что показывает первая производная функции?  Какие утверждения справедливы, если функция дифференцируема в некоторой точке?  Чему равен дифференциал функции?  В каком случае функция нескольких переменных является дифференцируемой?  Является ли достаточным условием для существования экстремума в некоторой точке равенство нулю частной производной первого порядка функции нескольких переменных в данной точке?  Какое тело будет получено при вращении прямоугольного треугольника вокруг катета?  Сколько касательных плоскостей может иметь поверхность в какой-либо точке?  Чем является функция F(x) для функции f(x), если выполняется условие F’(x) = f(x)?  Какое высказывание является лишним при определении двух равных векторов?  Площадь треугольника, построенного на приведённых к общему началу двух векторах, равна… | Какие факторы влияют на ослабление рентгеновского излучения?  Какими показателями рентгеновское излучение отличается от других видов электромагнитных колебаний?  Какие условия для непериодической функции являются необходимыми для признания ее оригиналом по Фурье?  Соотнесите выражения для непрерывного, прямого дискретного и обратного дискретного преобразования Фурье  Восстановите правильную последовательность этапов итерационного алгоритма Гершберга | Методы расчета линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения.  Физические и математические закономерности реконструкции пространственного распределения линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения.  Интегральные методы реконструкции в компьютерной томографии.  Алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии. |
| 2 | Какие факторы влияют на ослабление рентгеновского излучения?  Какими показателями рентгеновское излучение отличается от других видов электромагнитных колебаний?  Какие условия для непериодической функции являются необходимыми для признания ее оригиналом по Фурье?  Соотнесите выражения для непрерывного, прямого дискретного и обратного дискретного преобразования Фурье  Восстановите правильную последовательность этапов итерационного алгоритма Гершберга | Какие модели томографических установок комплектуются дополнительной рентгеновской трубкой?  Какие модели томографических установок не имеют функции сдвига детектора?  Какие основные узлы входят в состав любой томографической установки?  Соотнесите эквидистантные схемы организации сбора измерительных данных и поколения сканирующих систем промышленной рентгеновской томографии  Какие элементы включает в себя конструкция катодного узла рентгеновской трубки? | Параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей.  Типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа.  Функции, виды и характеристики микро- и нанофокусных рентгеновских трубок.  Функции, виды и характеристики детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов.  Методы калибровки цифровых детекторных систем. |
| 3 | Какие модели томографических установок комплектуются дополнительной рентгеновской трубкой?  Какие модели томографических установок не имеют функции сдвига детектора?  Какие основные узлы входят в состав любой томографической установки?  Соотнесите эквидистантные схемы организации сбора измерительных данных и поколения сканирующих систем промышленной рентгеновской томографии  Какие элементы включает в себя конструкция катодного узла рентгеновской трубки? | Соотнесите элементы рабочего пространства VGStudio MAX и их расшифровку  Соотнесите типы алгоритмов томографической реконструкции в VGStudio MAX и их назначение  Какие типы пре-процессинга (предварительной обработки) проекций применяются в VGStudio MAX?  Какие из пресеты используются для настройки параметров объемного рендеринга и экстракции поверхности для заданных условий в VGStudio MAX?  Какими способами может быть осуществлен рендеринг полигонального объекта (CAD/Polygon) в VGStudio MAX? | Интерфейс и инструменты системы VGStudio Max.  Приемы томографической реконструкции в системе VGStudio Max.  Методы прецизионного определения границ материала на воксельном и субвоксельном уровне.  Методика настройки параметров объемного рендеринга и экстракции поверхности для заданных условий.  Приемы визуализации томографических данных в системе VGStudio Max.  Причины артефактов изображений в промышленной компьютерной томографии и методы их коррекции.  Особенности пользовательского интерфейса системы myVGL.  Элементы управления myVGL для визуализации данных.  Приемы работы с результатами расширенного анализа в системе myVGL. |

**8.2.**  **описание показателей и критериев оценивания, шкалы оценивания** **.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оценка в баллах | Оценка по шкале | Обоснование | Уровень сформированности компетенций |
| 91 - 100 | Зачтено | Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному | ***Высокий уровень*** |
| 74-90 | Зачтено | Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками | ***Продвинутый уровень*** |
| 61-73 | Зачтено | Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. | ***Пороговый уровень*** |
| Менее 60 | Не зачтено | Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки | ***Компетенции не сформированы*** |

**8.3.**  **примеры контрольных заданий по модулям или всей образовательной программе** **.**

**Пример 1.** Рассчитайте значения линейных коэффициентов ослабления рентгеновского излучения оптическими материалами для заданного материала и толщины адсорбирующего вещества в соответствии с вариантом при условии, что энергия падающего излучения варьируется от 0.5 до 3.0 МэВ с шагом 0.25 МэВ. Постройте график зависимости линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения от энергии падающего излучения. Оформите отчет о выполненной работе в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

**Пример 2.** Подготовьте конструктивно-функциональную схему типового промышленного рентгеновского компьютерного томографа. Опишите принцип действия томографа и его узлы и основные элементы. Оформите отчет о выполненной работе в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

**Пример 3.** Сравните по функциям и характеристикам следующие виды рентгеновских трубок из продуктовой линейки компьютерных томографов GE:

- 180 кВ нанофокусная рентгеновская трубка открытого типа высокой мощности с прострельной мишенью;

- микрофокусные трубки открытого типа с массивной мишенью напряжением 240 и 300 кВ;

- макрофокусная трубка закрытого типа с массивной мишенью 320/450 кВ.

Оформите отчет о выполненной работе в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

**8.4.**  **тесты и обучающие задачи (кейсы), иные практикоориентированные формы заданий** **.**

**Модуль 1. Физические и математические основы рентгеновской компьютерной томографии**

1. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из перечисленных факторов влияют на ослабление рентгеновского излучения?

А) материал образца;

Б) плотность образца;

В) толщина образца;

Г) прочность образца;

Ключ: А, Б, В.

2. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

При прохождении монохроматических рентгеновских лучей с заданной энергией *E* и начальной интенсивностью *I*0 через однородный материал толщиной *L*, интенсивность падающего излучения *I* после прохождения через материал увеличивается по экспоненциальной зависимости.

Да Нет

Ключ: Нет

3. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какими показателями рентгеновское излучение отличается от других видов электромагнитных колебаний?

А) длина волны;

Б) скорость распространения;

В) энергия кванта;

Г) интервал распространения;

Ключ: А, В.

4. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

Для заданной энергии гамма-излучения массовый коэффициент ослабления не меняется от физического состояния поглотителя.

Да Нет

Ключ: Да

5. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите виды технологических процессов и их характеристики как объектов управления. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) | А) локальное веерное преобразование Радона |
| 2) | Б) классическое преобразование Радона |
| 3) | В) веерное преобразование Радона |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – В, 3 – А

6. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие условия для непериодической функции являются необходимыми для признания ее оригиналом по Фурье?

А) функция является кусочно-непрерывной и кусочно-монотонной;

Б) функция однозначно определена при всех значениях аргумента;

В) функция абсолютно интегрируема на всей числовой оси;

Г) функция непрерывна во всех точках своей области определения.

Ключ: А, В.

**7. Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите выражения для непрерывного, прямого дискретного и обратного дискретного преобразования Фурье. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Непрерывное преобразование Фурье | А) |
| 2) Прямое дискретное преобразование Фурье | Б) |
| 3) Обратное дискретное преобразование Фурье | В) http://ru.dsplib.org/content/dft/img/eq_01.png |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |

Ключ: 1 - В, 2 – А, 3 – Б

8. **Закрытый вопрос на восстановление последовательности**

Восстановите правильную последовательность этапов итерационного алгоритма Гершберга. Заполните таблицу:

А) проверка критериев окончания итерационной процедуры; Б) внесение априорной информации о положительности функции и ограниченности области ее задания; В) выполнение обратного двумерного преобразования Фурье для получения оценки томограммы; Г) вычисление набора одномерных Фурье-образов, которые по теореме о центральном сечении дают в частотной области значения Фурье-образов искомого решения; Д) прямое двумерное преобразование Фурье от оценки томограммы и значения спектра на лучах.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |

Ключ: 1 - Г, 2 – В, 3 – Б, 4 – Д, 5 – А

**Модуль 2. Промышленные томографы и их компоненты**

1. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из перечисленных моделей томографических установок комплектуются дополнительной рентгеновской трубкой?

А) micromex/nanomex;

Б) nanotom m;

В) vtomex m240/m300;

Г) vtomex L240/300.

Ключ: В, Г.

2. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Какая из перечисленных моделей томографических установок не имеет функции сдвига детектора? Выбранные варианты ответа обведите.

А) micromex/nanomex;

Б) nanotom m;

В) vtomex m240/m300;

Г) vtomex L240/300.

Ключ: А.

3. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие основные узлы входят в состав любой томографической установки?

А) сканирующая система;

Б) высоковольтный генератор;

В) фотоэлектрический усилитель изображения;

Г) вычислительная система.

Ключ: А, Б, Г.

4. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите эквидистантные схемы организации сбора измерительных данных и поколения сканирующих систем промышленной рентгеновской томографии. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) первое поколение | А) |
| 2) второе поколение | Б) |
| 3) третье поколение | В) |
| 4) четвертое поколение | Г) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - В, 2 – Б, 3 – Г, 4 – А

5. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Что из перечисленного не относится к основным характеристикам рентгеновской трубки? Выбранные варианты ответа обведите.

А) удельная мощность, рассеиваемая анодом

Б) предельно допустимое ускоряющее напряжение

В) электронный ток

Г) тип сцинтиллятора

Д) размеры фокуса

Е) динамический диапазон

Ключ: Г, Е

6. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие элементы включает в себя конструкция катодного узла рентгеновской трубки?

А) нить накала;

Б) катодный экран;

В) токоведущие стойки;

Г) накопитель.

Ключ: А, Б, В.

7. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

Допустимым считают уровень помех, генерируемых компонентами детекторных устройств, не превышающий половины максимальной амплитуды ожидаемого квантового шума.

Да Нет

Ключ: Да

8. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Что из перечисленного не относится к основным характеристикам цифровых детекторных систем? Выбранные варианты ответа обведите.

А) размер пикселя

Б) предельно допустимое ускоряющее напряжение

В) электронный ток

Г) тип сцинтиллятора

Д) площадь поверхности

Е) динамический диапазон

Ключ: Б, В

9. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите характеристики изображений при калибровке цифровых детекторных систем и дозовые нагрузки. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) полная дозовая нагрузка | А) темнопольное изображение |
| 2) средняя дозовая нагрузка | Б) светлопольное изображение |
| 3) нулевая дозовая нагрузка | В) среднепольное изображение |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – В, 3 – А

10. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из перечисленных типов пикселей относятся к «плохим» и требуют коррекции при калибровке цифровых детекторных систем?

А) не усиливающий пиксель;

Б) сверхчувствительный пиксель;

В) чувствительный пиксель;

Г) низкоплотный пиксель.

Ключ: А, Б.

**Модуль 3. Обработка, анализ и визуализация томографических данных**

**1. Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите элементы рабочего пространства VGStudio MAX и их расшифровку. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) | А) Переключение между режимами «Цвет» и «Непрозрачность» |
| 2) | Б) Показать / скрыть плоскости навигации |
| 3) | В) Задание степени понижающей дискретизации в 3D-окне |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – В, 3 – А

2. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Какие из перечисленных функций не реализованы в программном обеспечении VGStudio и присутствуют только в VGStudio MAX? Выбранные варианты ответа обведите.

А) воссоздание объемных объектов;

Б) выделение поверхности (STL);

В) создание источников света;

Г) импорт наборов изображений и объемных данных.

Ключ: Б

3. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите типы алгоритмов томографической реконструкции в VGStudio MAX и их назначение. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Конусно-лучевая фильтрованная обратная проекция (CB-FBP) | А) для проекционных файлов, которые создаются КТ-сканером с веерным/конусным лучевым источником и линейным детектором |
| 2) Линейная фильтрованная обратная проекция | Б) для проекционных файлов, которые создаются КТ-сканером с конусно-лучевым источником и плоскопанельным детектором |
| 3) Параллельная фильтрованная обратная проекция | В) для проекционных файлов, которые создаются КТ-сканером с конусно-лучевым источником и плоскопанельным детектором, при этом детектор вращается или переводится относительно своего исходного положения |
| 4) Планарная фильтрованная обратная проекция | Г) для проекционных файлов, которые создаются КТ-сканером с параллельным источником и плоскопанельным детектором |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В

4. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из перечисленных типов пре-процессинга (предварительной обработки) проекций применяются в VGStudio MAX?

А) None (без обработки);

Б) Filter (фильтрация);

В) Interpolation (интерполяция);

Г) Calibrate and filter (калибровка и фильтрация).

Ключ: А, Б, Г.

5. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Какие из перечисленных методов не применимы для прецизионного определения границ материала на субвоксельном уровне? Выбранные варианты ответа обведите.

А) применение определённой границы к линейной интерполяции амплитуд вокселей;

Б) поиск положения границ на основе локального максимума дифференцированных объемов;

В) поиск положения границ с помощью интегральной резкости кромок;

Г) экстракция полигональной поверхности из наборов объемных данных.

Ключ: Г

6. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

Амплитуда вокселей, окружающих каждую интересующую точку перехода, используется для вычисления пространственных координат точки на поверхности или границе материала.

Да Нет

Ключ: Да

7. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из приведенных пресетов используются для настройки параметров объемного рендеринга и экстракции поверхности для заданных условий в VGStudio MAX?

А) Ramp;

Б) Isosurface Transparent;

В) Inverse Ramp;

Г) Opacity.

Ключ: А, Б, В.

8. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какими способами может быть осуществлен рендеринг полигонального объекта (CAD/Polygon) в VGStudio MAX?

А) твердое тело (solid);

Б) оболочка (shell);

В) облако точек (point cloud);

Г) каркас (wireframe).

Ключ: А, В, Г.

9. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите элементы для задания различных параметров наблюдения за отрендеренным объектом в VGStudio MAX и их функциональность. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) | А) Применяет стандартный макет из двух столбцов с тремя видами срезов и большим трехмерным видом, каждый вид одинакового размера |
| 2) | Б) Запускает редактор макетов для осуществления настройки |
| 3) | В) Применяет стандартный макет из двух столбцов с тремя видами срезов и большим трехмерным видом в верхней части |
| 4) | Г) Применяет стандартный макет из двух столбцов с тремя видами срезов и большим трехмерным видом по левому краю |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В

10. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие режимы просмотра доступны в инструменте 3D Window (трехмерное окно)?

А) Rotate mode;

Б) Rendering mode;

В) Move mode;

Г) Preview mode.

Ключ: А, В.

11. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите виды артефактов изображений в промышленной компьютерной томографии и причины их возникновения. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) полосы | А) постепенное отклонение группы каналов |
| 2) затемнения | Б) ошибка в отдельном измерении |
| 3) кольца | В) спиральная реконструкция |
| 4) искажения | Г) ошибки калибровки отдельного детектора |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В

12. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

Артефактами изображений в компьютерной томографии называют любое несоответствие между КТ-числами реконструированного изображения и истинными коэффициентами ослабления объекта.

Да Нет

Ключ: Да

13. **Закрытый вопрос с множественным выбором**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие форматы проектов поддерживает myVGL?

А) \*.vgl;

Б) \*.mvgl;

В) \*.vgarchive;

Г) \*.vgs.

Ключ: А, Б, В.

14**. Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите элементы интерфейса myVGL и их функциональность. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) 3D Window | А) Управление инструментами myVGL |
| 2) 2D Windows | Б) Визуализация результатов рендеринга |
| 3) Tooldocks | В) Сечения текущих объектов по осям x, y и z |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – В, 3 – А

15. **Закрытый вопрос на исключение лишнего**

Ознакомьтесь с вопросом, выбранные варианты ответа обведите.

Какие из приведенных инструментов визуализации данных не реализованы в myVGL?

А) Surface Extraction;

Б) Volume Rendering;

В) Polygon Rendering;

Г) Transform.

Ключ: А

16. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите элементы управления myVGL для визуализации данных и их функциональность. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Navigation plane | А) Центрирует выбранные объекты и делает их полностью видимыми |
| 2) Center and Focus camera | Б) Отобразить/скрыть панель навигации |
| 3) Create/replace clipping plane | В) Отобразить/скрыть масштабную линейку |
| 4) Show scale bar | Г) Создать/заменить секущую плоскость на основе текущего представления фрагмента |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В

17. **Закрытый вопрос на установление соответствия**

Соотнесите элементы расширенного анализа системы myVGL и их функциональность. Заполните таблицу.

|  |  |
| --- | --- |
| 1) Defect detection | А) открыть результаты сравнения номинальных/фактических значений |
| 2) Nominal/Actual comparison | Б) открыть результаты обнаружения дефектов |
| 3) Wall thickness | В) открыть результаты анализа координатных измерений |
| 4) CM reporting | Г) открыть результаты анализа толщин стенок |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

Ключ: 1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В

18. **Закрытый вопрос с альтернативным ответом**

Верно ли следующее утверждение?

Инструмент обнаружения дефектов (Defect Detection) системы myVGL предназначен для обработки наборов воксельных данных для внутренних дефектов и предоставляет подробные результаты анализа с информацией о каждом отдельном дефекте, а также общую статистическую информацию.

Да Нет

Ключ: Да

**8.5.**  **описание процедуры оценивания результатов обучения** **.**

Оценивание результатов обучение осуществляется путем тестирования. Содержательная валидность теста обеспечивается применением контрольно-измерительных материалов, предназначенных для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений (знаний, умений) основным показателям результатов подготовки. Надежность теста обеспечивается стабильностью результатов выполнения включенных в него заданий. Параллельность вариантов достигается за счет включения взаимозаменяемых, однотипных, примерно одинаковых по уровню сложности заданий, расположенных на одних и тех же местах во всех вариантах. При проведении тестирования используются задания закрытого типа (альтернативный, множественного выбора, на установление соответствия, на исключение лишнего).

**9.Организационно-педагогические условия реализации программы**

**9.1. Кадровое обеспечение программы**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Фамилия, имя, отчество (при наличии) | Место основной работы и должность, ученая степень и ученое звание (при наличии) | Ссылки на веб-страницы с портфолио (при наличии) | Фото в формате jpeg | Отметка о полученном согласии на обработку персональных данных |
| 1 | Прусов Евгений Сергеевич | Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, доцент кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов», кандидат технических наук, доцент | <https://www.researchgate.net/profile/Evgeny_Prusov2> | https://edunano.ru/upload/medialibrary/cda/%D0%9F%D1%80%D1%83%D1%81%D0%BE%D0%B2%20%D0%95.%D0%A1.%20(%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE).jpg | Да |
| 2 | Деев Владислав Борисович | Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор | <https://misis.ru/files/-/e743e372bff453899aaf9dec8ee94f60/Деев_В.Б..pdf> | https://ir.misis.ru/files/-/0df0c69485470145d1d8b3c014d44123/imgonline-com-ua-Resize-XfVPwbtBh1uON.jpg | Да |
| 3 | Сухоруков Денис Владимирович | Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, доцент кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов», кандидат технических наук | <http://imiat.vlsu.ru/index.php?id=292> | https://maginnov.ru/assets/images/authors/suhorukov-d..jpg | Да |

**9.2.Учебно-методическое обеспечение и информационное сопровождение**

|  |  |
| --- | --- |
| **Учебно-методические материалы** | |
| Методы, формы и технологии | Методические разработки,  материалы курса, учебная литература |
| Лекционные занятия | 1. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В.В. Клюева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.  2. Методы обработки и анализа данных рентгеновской томографии: учеб. пособие / А.О. Корепанов [и др.] – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 112 с.  3. Неразрушающий контроль: Справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т.1. Кн. 2. Радиационный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2008. – 560 с. |
| Практические работы | 1. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с.  2. Ряды Фурье. Интегральные преобразования Фурье и Радона : учебно-методическое пособие / В. А. Волков. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 32 с.  3. Симонов, Е.Н. Физика визуализации изображений в рентгеновской компьютерной томографии / Е.Н. Симонов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 479 с.  4. Лихачев А.В. Алгоритмы томографической реконструкции: учеб. пособие. – Новосибирск: НИУ-НГУ, 2013. – 117 с. |
| Самостоятельная работа | 1. Carmignato S., Dewulf W., Leach R. Industrial X-Ray Computed Tomography. Springer International Publishing AG, 2018. 371 p.  2. Banhart J. Advanced Tomographic Methods in Material Research and Engineering. Oxford: Oxford University Press, 2008. 488 p.  3. Мартыненко, Е. В. Неразрушающий контроль авиационной техники : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 148 с.  4. Пояркова, Е. В. Диагностика повреждений металлических материалов и конструкций : учебное пособие / Е. В. Пояркова, С. Н. Горелов. – 3-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 202 с.  5. Руководство пользователя myVGL 3.0 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Информационное сопровождение** | |
| Электронные образовательные ресурсы | Электронные информационные ресурсы |
| https://www.ntcexpert.ru/ | https://www.volumegraphics.com/ |
| https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38215 | https://ostec-3d.ru/ |

**9.3.Материально-технические условия реализации программы**

|  |  |
| --- | --- |
| Вид занятий | Наименование оборудования,  программного обеспечения |
| Лекционные занятия | Коммуникационная платформа Microsoft Teams |
| Практические занятия | Свободное программное обеспечение MyVGL |

**ПАСПОРТ КОМПЕТЕНЦИИ**

**Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Рентгеновская компьютерная томография в производственных технологиях»**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. | Наименование компетенции | | **Способность оценивать качество материалов и изделий в новых производственных технологиях методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии** | |
| 2. | Указание типа компетенции | общекультурная/  универсальная |  | |
| общепрофессиональная |  | |
| профессиональная | профессиональная | |
| профессионально-специализированная |  | |
| 3. | Определение, содержание и основные сущностные характеристики компетенции | | Под компетенцией понимается способность применять диагностические методы промышленной рентгеновской компьютерной томографии при неразрушающем контроле качества материалов и изделий в новых производственных технологиях, включая разработку и корректировку программ неразрушающего контроля, а также подготовку заключений по результатам контроля.  Слушатель должен:  знать:  - параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа;  - функции, виды и характеристики рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов;  - методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий;  - физические и математические закономерности реконструкции пространственного распределения линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения, интегральные и алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии;  - приемы томографической реконструкции в системе VGStudioMax и визуализации томографических данных в системе myVGL.  уметь:  - выбирать методики и оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии;  - разрабатывать и корректировать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии;  - выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL.  владеть:  навыком разработки и корректировки программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии;  навыком оценки качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии. | |
| 4. | Дескриптор знаний, умений и навыков по уровням | | Уровни сформированности компетенции  обучающегося | Индикаторы |
|  | | Начальный уровень  (Компетенция недостаточно развита. Частично проявляет навыки, входящие в состав компетенции. Пытается, стремится проявлять нужные навыки, понимает их необходимость, но у него не всегда получается.) | Знает:  параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа  функции рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов  методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий  приемы визуализации томографических данных в системе myVGL  Умеет:  выбирать оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  разрабатывать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии  выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL  Владеет:  навыком разработки программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  навыком оценки качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии |
|  | | Базовый уровень  (Уверенно владеет навыками, способен, проявлять соответствующие навыки в ситуациях с элементами неопределён-ности, сложности.) | Знает:  параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа  функции, виды и характеристики рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов  методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий  приемы визуализации томографических данных в системе myVGL  Умеет:  выбирать оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  разрабатывать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии  выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL  Владеет:  навыком разработки программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  навыком оценки качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии |
|  | | Продвинутый  (Владеет сложными навыками, способен активно влиять на происходящее, проявлять соответствующие навыки в ситуациях повышенной сложности.) | Знает:  параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа  функции, виды и характеристики рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов  методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий  приемы томографической реконструкции в системе VGStudioMax и визуализации томографических данных в системе myVGL  Умеет:  выбирать методики и оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  разрабатывать и корректировать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии  выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL  Владеет:  навыком разработки и корректировки программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  навыком оценки качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии |
|  | | Профессиональный  (Владеет сложными навыками, создает новые решения для сложных проблем со многими взаимодействующими факторами, предлагает новые идеи и процессы, способен активно влиять на происходящее, проявлять соответствующие навыки  в ситуациях повышенной сложности.) | Знает:  параметры и характеристики промышленных рентгеновских компьютерных томографов различных производителей, типовые узлы и элементы промышленного рентгеновского компьютерного томографа  функции, виды и характеристики рентгеновских трубок и детекторных устройств промышленных рентгеновских компьютерных томографов  методики неразрушающего рентгеновского томографического контроля качества материалов и изделий  физические и математические закономерности реконструкции пространственного распределения линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения, интегральные и алгебраические методы реконструкции в компьютерной томографии  приемы томографической реконструкции в системе VGStudioMax и визуализации томографических данных в системе myVGL  Умеет:  выбирать методики и оборудование для неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  разрабатывать и корректировать режимы неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом рентгеновской компьютерной томографии  выполнять анализ структурно-морфологических параметров материалов и изделий в системе myVGL  Владеет:  навыком разработки и корректировки программ неразрушающего контроля качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии  навыком оценки качества материалов и изделий методом промышленной рентгеновской компьютерной томографии |
| 5. | Характеристика взаимосвязи данной компетенции с другими компетенциями/ необходимость владения другими компетенциями для формирования данной компетенции | | **Компетенции цифровой грамотности** | |
| 6. | Средства и технологии оценки | | **Тестирование** | |

УТВЕРЖДАЮ:

Ответственный за программу

Заместитель директора института повышения

квалификации и переподготовки кадров ВлГУ Н.В. Коноплёва

Проректор по образовательной деятельности А.А. Панфилов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г