



АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО

ТЕСТРОН

"Рентген - это наша профессия."



ISO 9001
Система менеджмента
сертфицирована
Русским Регистром



Россия, 196084, г. Санкт-Петербург, Люботинский пр. 8А; тел. (812) 380-6200, факс (812) 380-6202; e-mail: office@testron.ru internet: www.testron.ru

КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

**Промышленный универсальный
рентгеновский микрофокусный томограф
для 3-D дефектоскопии и метрологии**

FILIN CT-400MF Twin

Санкт-Петербург 2025.

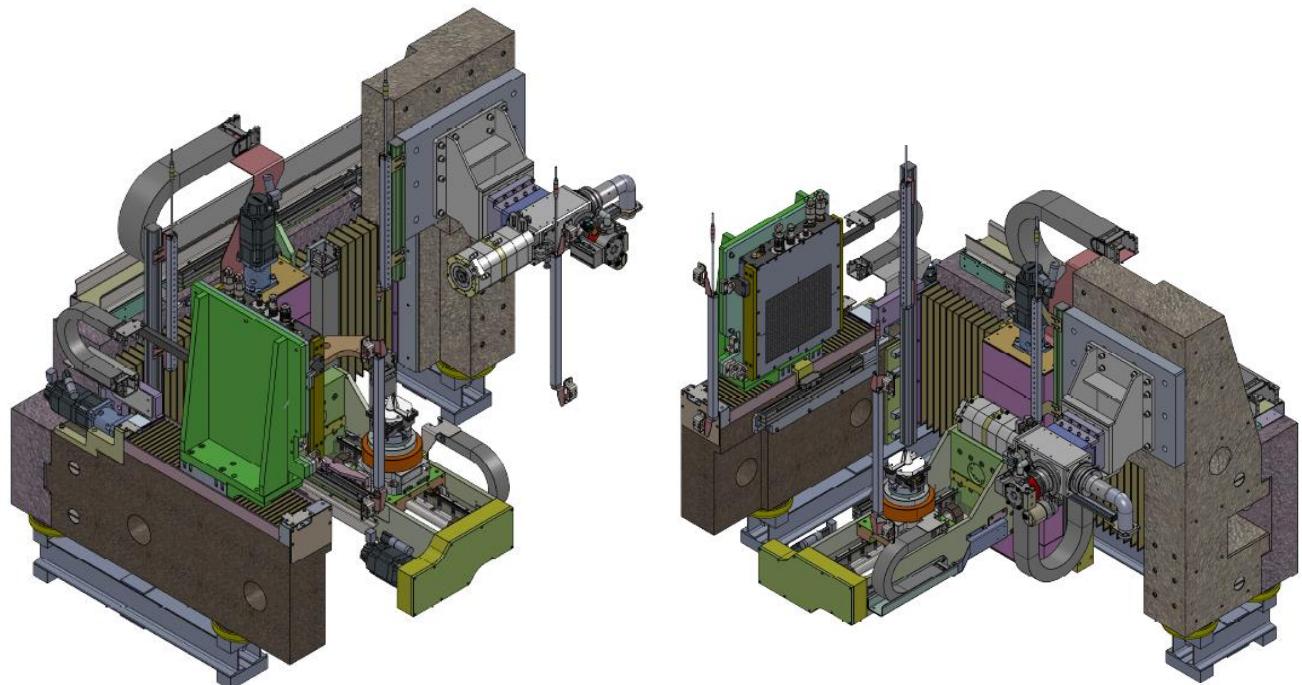
FILIN CT-400MF Twin

ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИКРОФОКУСНЫЕ ТОМОГРАФЫ

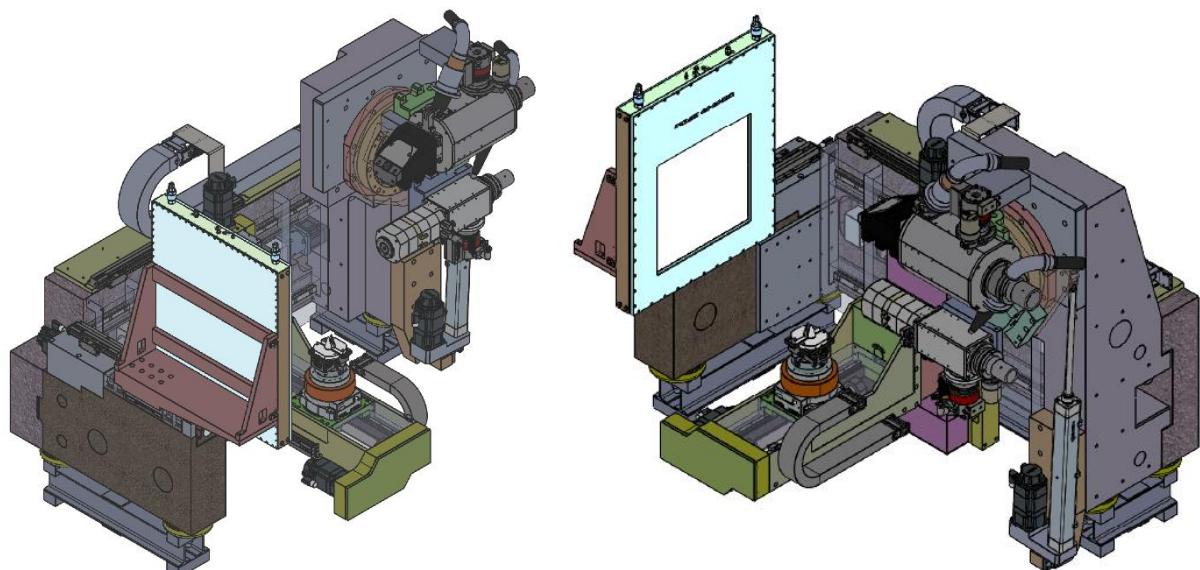
FILIN CT-400MF Twin – универсальные промышленные системы рентгеновской 3D-дефектоскопии, и метрологии с **микрофокусной и/или нанофокусной** рентгеновской трубкой, предназначенные для контроля объектов малых и средних размеров диаметром до 600 мм с пространственным разрешением от нескольких десятков до нескольких микрон. Прибор применим как в исследовательских целях, так и при массовом высокопроизводительном контроле. Автоматическое загрузочное окно, автоматический анализ 3D-моделей и разбраковка изделий, возможность оснащения системы опциональным роботом-загрузчиком дают возможность полной автоматизации процесса контроля, что особенно актуально при массовом контроле серийных изделий на производстве. Небольшие габариты системы позволяют удобно размещать ее как рядом с производственной линией, так и в помещениях исследовательских лабораторий.



Структурная схема гранитного манипулятора томографа FILIN CT-400MF Twin с одной рентгеновской трубкой.



Структурная схема гранитного манипулятора томографа FILIN CT-400MF Twin с двумя рентгеновскими трубками.



Особенности томографа СТ-400MF Twin.

- **Внесен в Государственный Реестр Средств Измерений. Точность измерения линейных размеров $\pm(4+L(\text{мм})/100)$ мкм, где L – измеренный линейный размер.**
- **Микрофокусный источник на 225/240/300кВ с массивной мишенью и мощностью 500Вт просвечивание с высоким разрешением до ~25 мм по стали в режиме томографии, распознавание деталей размером < 2 мкм (детектируемость < 1 мкм).**
- **Опциональный высокотехнологичный нанофокусный источник излучения 190/225/240кВ при мощности до 50Вт - распознавание деталей размером порядка 0.5 мкм (детектируемость <0,2 мкм).**
- Контроль сvoxельным (пространственным) разрешением вплоть до нескольких микрон.
- Микрофокусная трубка с регулируемым фокальным пятном – оптимальный выбор параметров просвечивания в зависимости от размеров и плотности объекта.
- Открытая конструкция трубы (модель MFO): практически неограниченное время жизни трубы, быстрая замена катодного и анодного узлов.
- Комплектация опциональной нанофокусной трубы комбинированной мишенью, позволяющей выбирать оптимальный компромисс между пространственным разрешением интенсивностью излучения.
- Послойная томография в коническом пучке. Режим автоматической послойной томографии длинных объектов.
- Режим спиральной томографии – однопроходное сканирование длинных объектов. Корректное выявление произвольно ориентированных плоскостных дефектов и структурных элементов. Исключение артефактов конического пучка.
- Режимы рентгенотелевидения и радиографии - высокопроизводительная 2D-дефектоскопия.
- Режимы «Расширенный скан» и «Мультискан» – томография объектов с диаметром, превышающим размер рабочего поля детектора.
- Прецизионный 5-х или 6-ти осевой манипулятор с несущими элементами из гранита.
- Термостабилизация детектора - повышение качества томограмм за счет уменьшения теплового шума детектора. Повышение долговременной производительности за счет увеличения промежутков времени между калибровками детектора.
- Свободное пространство ~200мм за матрицей плоскопанельного детектора. Отсутствие электроники, крепежных элементов, трубок системы термостабилизации, компонентов манипуляционного оборудования, а также любых других рассеивающих объектов, кроме задней стенки корпуса детектора, выполненной из рентгенопрозрачного углепластика. Значительно повышает качество изображения за счет уменьшения влияния дополнительного рассеянного излучения с обратной стороны детектора.
- Модуль определения характеристик и классификации детектора по ASTM: регистрация последовательности снимков, особые пиксели (мертвые, шумные, яркие, темные, неоднородные, запаздывающие), SRb, Эффективность, CSa, SMTR, Global Lag, Burn-In, ISR.
- Калибровочные эталоны и ПО для автоматизированной настройки томографа.
- Функция «Калибровка фона». Оперативная коррекция изменений распределения интенсивности в пучке излучения без обновления детальных калибровочных файлов.
- Функция «Умный скан». Автоматическая оптимизация алгоритма сканирования в зависимости от формы объекта. Значительное сокращение времени сканирования объектов некоторых типов,

например, плоских. Динамическое, в процессе сканирования управление шторками лимитирующей диафрагмы. Уменьшение фона рассеянного излучения.

- Система коррекции нарушений юстировки в реальном времени - опция RTA повышает метрологическую точность прибора при использовании микрофокусных трубок.
- Калибровочные эталоны и ПО для автоматизированной настройки томографа.
- Опция ES (Extended Scan). Дополнительная линейная подвижка объекта и специализированное программное обеспечение - двукратное увеличение воксельного разрешения трехмерной модели, увеличение максимального диаметра объекта.
- Опция PSS (Program Scatter Suppress) – минимизация артефактов рассеяния. Детектирование неискаженного распределения плотности в сечениях.
- Система коррекции нарушений юстировки в реальном времени (опция RTA) повышает метрологическую точность прибора при использовании микро/нанофокусных трубок.
- Функция «Накопительное сканирование» с добавлением данных к предыдущему проекционному набору. При недостаточном времени накопления – суммирование новых проекций с исходными. При недостаточном количестве проекций – добавление промежуточных проекций в исходный набор.
- Пакет Метрология: набор мер для настройки и калибровки томографа, ПО для автоматизированной калибровки осей томографа, ПО для автоматизированных геометрических измерений на воксельной модели, калибровка отклонений пиксельной решетки детектора от идеальной формы.
- Мощные средства автоматического анализа моделей. Опциональные модули автоматизированного сравнения с САПР-данными, анализа толщины стенок, анализа пустот и включений, анализа губчатых, волоконно-композитных материалов.
- Автономная защитная камера с автоматическим загрузочным окном.
- Прецизионный симметричный раздвижной захват со сменными рентгенопрозрачными губками, в том числе, для миниатюрных объектов.
- Опциональный 6-ти осевой робот-загрузчик Kawasaki.
- Разработка и согласование проекта размещения источника ионизирующих излучений.
- Рабочая многоядерная станция 3D-визуализации повышенной производительности (до 4-х графических ускорителей).

Преимущества конфигурации томографа с двумя независимыми рентгеновскими трубками

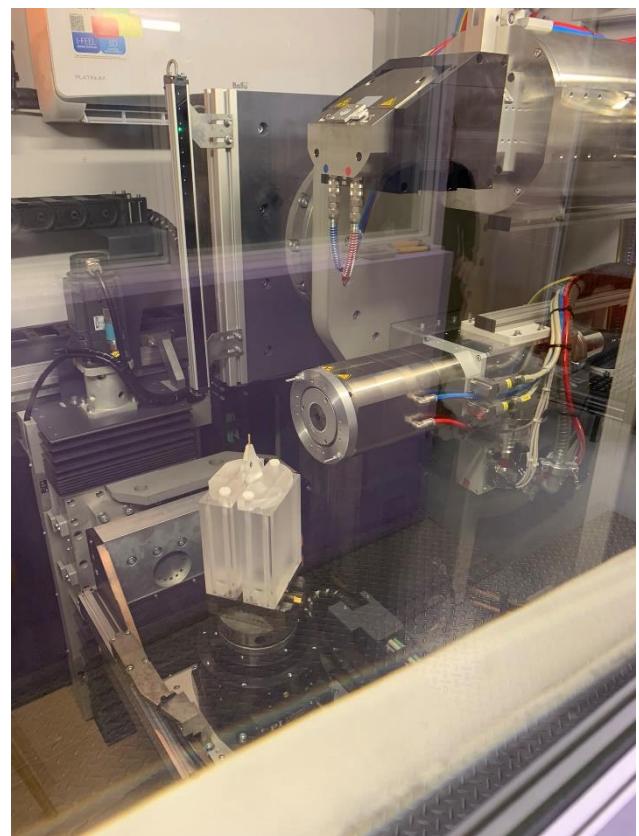
Конфигурация системы с двумя независимыми рентгеновскими трубками, обеспечивает, во-первых, субмикронное разрешение, когда это позволяет радиационная толщина объекта, во-вторых, контроль объектов с высокими радиационными толщинами посредством источника напряжением до 300кВ и в-третьих — обеспечение наилучшего достижимого разрешения при разумных временах контроля во всех промежуточных случаях.

Нанофокусный источник с комбинированной мишенью позволяет вести контроль при мощности на аноде от 1,5Вт до 50Вт с разрешением от 0,5мкм до 15мкм. Микрофокусный источник с массивной мишенью обеспечит разрешение от 2 мкм. При этом он способен работать на мощностях до 500Вт и обеспечить разрешение 75 мкм при мощности на аноде порядка 100Вт.

Использование независимых микрофокусной и нанофокусной трубок имеет значительное преимущество по сравнению с более бюджетным вариантом томографа с использованием источника с двумя головками: микрофокусной и нанофокусной, так как для смены головки необходимо открывать трубку. При этом внутрь могут попадать пары и взвешенные в воздухе частицы, которые, оседая на внутренних поверхностях, приводят к последующей нестабильной работе: утечкам, пробоям, ухудшению вакуума. Также переключение с одного независимого источника излучения на другой происходит практически мгновенно. Нужно лишь дать несколько секунд манипулятору на автоматическую установку новой рабочей конфигурации. При работе со сменными головками необходимо останавливать откачку трубы, проводить замену головки и заново откачивать, и тренировать прибор. Вся процедура занимает более 1 рабочего дня, а при несоблюдении чистоты при замене головки — значительно дольше, что значительно снижает производительность оборудования.

Описание системы.

Томографы серии СТ-400MF Twin являются расширением классической серии томографов СТ-400MF с интегрированной возможностью одновременной установки двух рентгеновских излучателей: микрофокусной трубы и опциональной дополнительной нанофокусной трубы. В комплектации с двумя трубками возможно производить исследование изделий максимальным диаметром до 600 мм и высотой до 800мм. При этом эффективная зона трехмерного восстановления зависит от типоразмера применяемого детектора и выбранного геометрического увеличения. Режим контроля, при котором зона контроля меньше габаритов исследуемой детали называется локальной томографией и позволяет просматривать критически важные места изделия с предельно возможным разрешением, значительно превосходящим разрешение контроля всего изделия целиком.



Использование микрофокусных/nanoфокусных рентгеновских трубок с регулируемым фокальным пятном позволяет пользователю выбрать оптимальный для каждого объекта компромисс между пространственным разрешением и мощностью излучения.

Смещение предметного стола по оси X (ось увеличения) позволяет выбрать схему просвечивания с максимальным использованием излучения источника для разных габаритов изделия.

Ось поперечного смещения и ось вертикального перемещения предметного стола позволяет проводить томографию объектов, диаметр и высота которых превышает максимальный объем зоны 3D-сканирования.

Микрофокусная трубка с массивной мишенью напряжением до 300кВ, способна в микрофокусном режиме развивать высокую анодную мощность, сопоставимую с мощностью стандартных рентгеновских трубок.

Нанофокусная трубка, обеспечивающая разрешение по штриховой мере 0,5мкм, работает при напряжениях до 240кВ и развивает анодную мощность до 50Вт благодаря системе жидкостного охлаждения анода и применения вольфрам-алмазных мишеней.

Нанофокусная трубка может работать с мишенями, имеющими различную толщину эмитирующего слоя. Каждая из них характеризуется своим компромиссом между пространственным разрешением и интенсивностью потока излучения. Например, мишень «высокого разрешения» обеспечивает предельное разрешение 0,5 мкм, а мишень «высокой энергии» имеет разрешение 0,9 мкм, зато при напряжениях трубки >150кВ производит более чем в два раза более интенсивный поток излучения. В данной системе применяется комбинированная вольфрам-алмазная мишень, состоящая из четырех секторов с различной толщиной вольфрамового слоя. Это позволяет производить смену типа эмитирующего слоя, не вскрывая трубку, что значительно повышает надежность системы. Руководство по эксплуатации системы и материалы тренинга для персонала заказчика содержат четкие рекомендации по выбору оптимальной мишени в каждом конкретном случае.

Совместно с рентгеновскими трубками используются высокочастотные генераторы повышенной стабильности последнего поколения, что позволяет получать стабильные результаты с высокой повторяемостью.

Комбинация из микрофокусного и нанофокусного источников дает максимально универсальную систему, охватывающую практически весь спектр приложений промышленной рентгеновской томографии, за исключением контроля крупногабаритных и не допускающих вращения объектов.

Применение детектора высокого разрешения обеспечивают высокую детализацию получаемой трехмерной модели, определяемую параметром «воксельное разрешение контроля». Например, воксельное разрешение 3700 означает, что модель объекта диаметром 20мм будет состоять из элементов (вокселей) размерами около 5мкм, а модель объекта диаметром 10мм из элементов размерами около 2,5мкм. Опция «Мультискан» позволяет дополнительно увеличить воксельное разрешение примерно вдвое.

В случаях, когда возможность исследовать объекты с высокой радиационной толщиной важнее, чем предельное пространственное разрешение, заказчик может выбрать детектор повышенной дозовой чувствительности и несколько более низкого разрешения.

Комплекс поставляется в комплекте с камерой биологической защиты.

Производитель может выполнить проект размещения источника ионизирующих излучений для получения разрешения Роспотребнадзора на работу.

Рабочее место оператора снабжено пятью мониторами. На первый выводится интерфейс управления установкой, на второй – интерфейс системы обработки двумерных проекций, на третий – система видеонаблюдения зоны контроля. Четвертый и пятый мониторы предназначены для программы трехмерной визуализации.

Настройка и калибровка томографа производится в ходе технического обслуживания персоналом производителя. В комплект поставки включена опция "Метрология" в рамках, которой комплекс FILIN CT-400 Twin оснащается набором мер для настройки и калибровки томографов FILIN-СТ и ПО для автоматической калибровки осей томографа. В этом случае калибровка осей томографа для поддержания метрологической точности измерений может выполняться персоналом заказчика.

Типовые программы (рецепты) 2-D и 3-D контроля составляются квалифицированным персоналом заказчика с помощью средств программы управления установкой. Автоматизированный контроль по типовым рецептам может проводиться персоналом, не имеющим специальной квалификации. В этом режиме томограмма изделия, установленного на предметный стол, снимается в полностью автоматическом режиме по нажатию одной кнопки.

Для идентификации изделий может устанавливаться optionalный считыватель штрих-кода.

Выбор рентгенотелевизионного детектора.

Система может комплектоваться детекторами с различными характеристиками, в зависимости от задач, стоящих перед заказчиком.

Степень детализации получаемой 3D-модели определяется размером вокселя (элемента объема модели). Диаметр модели в вокселях (воксельное разрешение) приблизительно равен количеству пикселей в строке детектора.

Если необходимо получить модель объекта диаметром D, состоящую из вокселей размером v, то нужен детектор, имеющий примерно D/v пикселей в строке. Так для построения модели объекта диаметром 40мм с размером вокселя 20мкм (0,02мм) потребуется детектор с ~2000 пикселями в строке.

Воксельное разрешение можно удвоить, применяя функцию «Расширенный скан» (Опция ES), однако при этом значительно сокращается толщина исследуемого слоя. Изделия с высотой, превышающей толщину слоя, можно проконтролировать последовательным послойным или спиральным сканированием, но это потребует дополнительного времени.

Применение режима «Мультискан», в принципе, позволяет увеличить воксельное разрешение еще в 2-3 раза, однако в этом случае приходится применять 2x -3x кратное сканирование при еще сильнее сокращающейся высоте слоя. Кроме того, увеличение размеров проекций ограничивается вычислительными возможностями современных компьютеров. Режим «Мультискан» разработан, главным образом, для сканирования объектов, диаметр которых более чем в 1.5 раза превышает ширину детектора, и применяется, обычно, с биннингом (т. е. с загрузлением воксельного разрешения), чтобы не увеличивать чрезмерно объем проекционных данных.

Таким образом, мы рекомендуем выбирать размер строки детектора в пикселях, исходя из воксельного разрешения, требуемого при контроле основной массы изделий, а функцию «Мультискан» применять в случаях, требующих повышенной детализации.

Однаковое воксельное разрешение могут обеспечить детекторы с разным размером пикселя. Более крупный пиксель допускает применение более толстых сцинтилляторов, а значит может обеспечить более высокую дозовую чувствительность. Кроме того, детектор с большим размером пикселя, при одинаковом воксельном разрешении, будет работать с более высоким геометрическим увеличением, что способствует ослаблению негативного влияния рассеянного излучения на качество томограммы.

Размеры рабочего поля детектора определяют также максимальные габариты объектов контроля. Соответствующие цифры приведены в спецификации. Необходимо иметь в виду, что для томограмм объектов с максимальными габаритами размеры вокселя будут достаточно велики. Например, при

использовании детектора FILIN-2530SR с размерами пикселя 139мкм модель объекта диаметром 230мм будет состоять из вокселей размерами примерно 100мкм. Возможно получение более детализированных моделей отдельных областей интереса (локальная томография), однако при этом возникают ограничения, связанные с невозможностью разместить крупный объект вблизи источника излучения и провернуть его вокруг выбранной точки.

Возможности контроля в микро/нанофокусных режимах часто оказываются ограниченными из-за нехватки мощности излучения. Поэтому желательно применять детектор с достаточно толстым сцинтиллятором, что делает нецелесообразным слишком малый шаг матрицы (размер пикселя). В качестве оптимального компромиссного решения при построении универсальной системы, включающей микро/нанофокусный источник, мы предлагаем детектор FILIN 4343SR/D. Он имеет размер матрицы 3072*3072 пикселей и ширину окна 430мм. Режим «Мультискан», при необходимости, позволит максимально увеличить число пикселей по диаметру объекта до ~9000.

Рентгенотелевизионный и радиографический режимы (2D-инспекция).

При 2D-съемке производительность контроля на порядок выше, чем при томографическом исследовании. Как правило, достаточно нескольких высококачественных рентгеновских снимков, чтобы выявить все дефекты в изделии, но при этом остается недоступной детальная информация о их форме и расположении, а также информация о геометрии изделия.

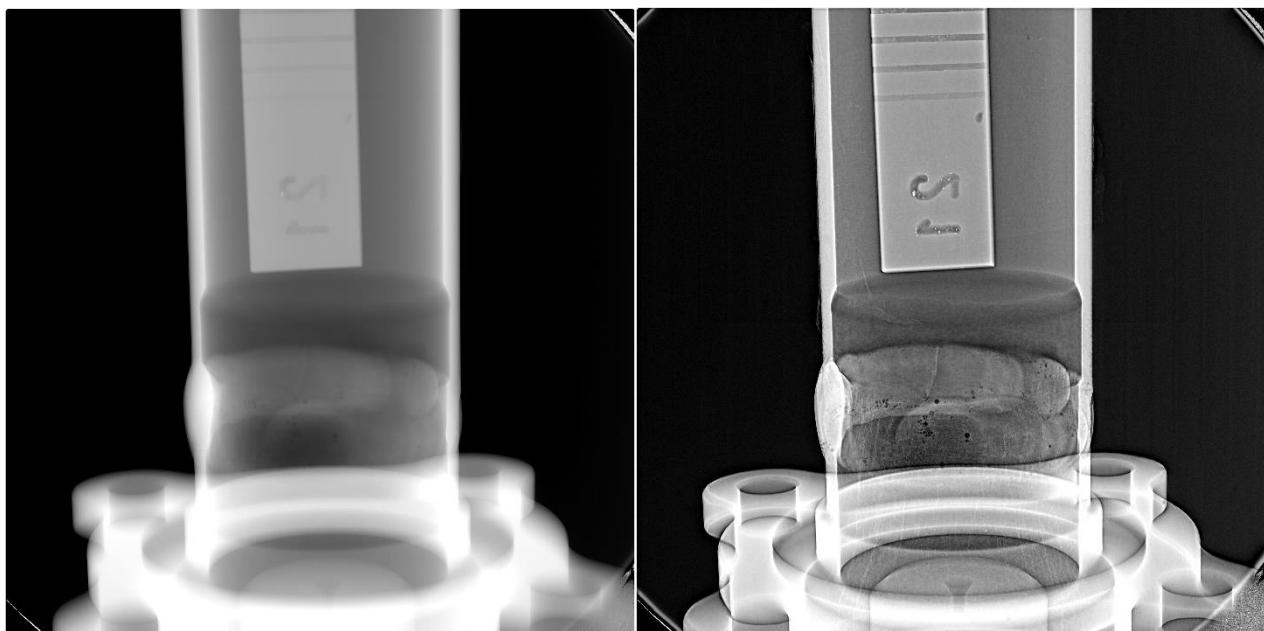
В условиях массового производства может быть эффективной концепция сплошного 2D-контроля с последующим томографическим исследованием всех изделий, в которых выявлены или подозреваются дефекты. Процесс 2D-инспекции и разбраковки может быть автоматизирован.

В рентгенотелевизионном режиме оператор наблюдает рентгеновское изображение в реальном времени. В этом режиме удобно выбирать параметры излучения, участки контроля и оптимальные ракурсы съемки.

При необходимости получения высококачественных радиографических изображений производится съемка в статике с накоплением необходимого числа кадров для достижения требуемой чувствительности.

Система улучшения изображений дает возможность масштабирования, цифровой фильтрации, окрашивания изображения, автоматического поиска и измерения параметров дефектов. Применение оригинального алгоритма АВУ позволяет одновременно наблюдать на экране монитора изображения дефектов, расположенных на участках с радиационными толщинами, отличающимися во много раз.

Возможно определение глубины залегания дефектов по результатам двупроекционной радиоскопической съемки с помощью имеющейся специализированной программы.



2D-изображение сварного соединения. Применение алгоритма АВУ

Режим 3D-контроля.

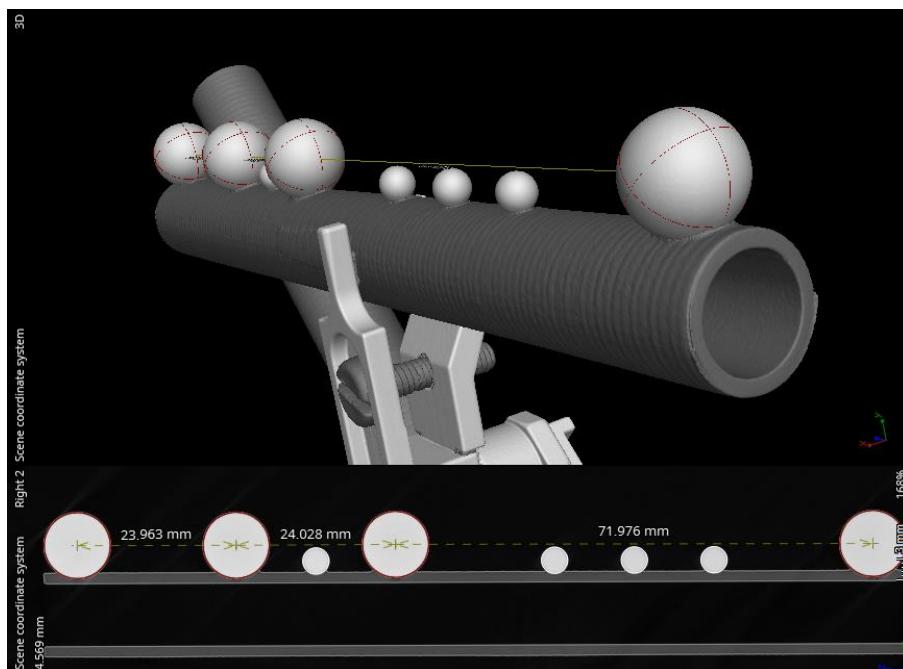
В ходе томографического сканирования регистрируется набор рентгеновских проекций, снятых под различными углами. Результатом реконструкции проекционных данных является трехмерная воксельная модель объекта. Для каждого элемента объема (вокселя) вычисляется интенсивность, пропорциональная линейному коэффициенту ослабления рентгеновского излучения. Эта величина пропорциональна плотности вещества и увеличивается с ростом атомного номера его компонентов. Таким образом, воксельная модель отображает форму объекта, а также изменения плотности и элементного состава в его объеме.

Программа трехмерной визуализации позволяет вывести на экран изображения произвольных сечений полученной 3D-модели, например, декартовых сечений, а также, сечения вращающейся плоскостью и непланарных сечений (разверток). По изображениям сечений можно выполнять точные измерения расстояний и углов с автоматической привязкой к характерным точкам объекта. В частности, оператор может быстро измерить положение каждого выявленного дефекта относительно стенок объекта.

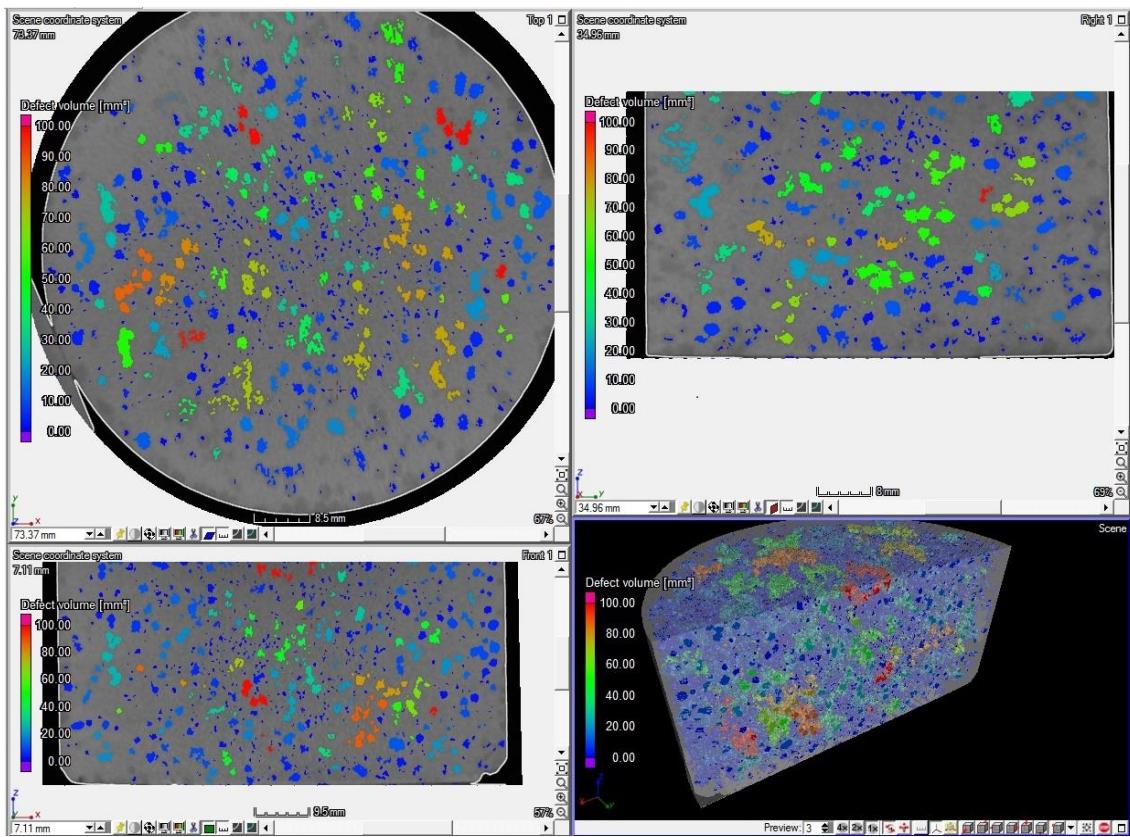
Имеется мощный аппарат визуализации (рендеринга) трехмерной модели объекта или выбранных его областей в выбранном ракурсе с применением приемов цифровой обработки, облегчающих анализ объектов со сложной внутренней структурой (окрашивание, полупрозрачные изображения, виртуальные разрезы, варьирование освещения).

Опционально доступны программные модули автоматического анализа трехмерных моделей: Анализ пустот и включений, Толщина стенок, Сопоставление с CAD- моделью и др. Достаточно один раз подобрать параметры анализа, чтобы в дальнейшем проводить контроль и разбраковку однотипных изделий автоматически без участия оператора. При этом оценка качества ведется по физически обоснованным критериям: минимальная толщина стенки, максимальное отклонение от CAD- модели, максимальная пористость, и т.д.

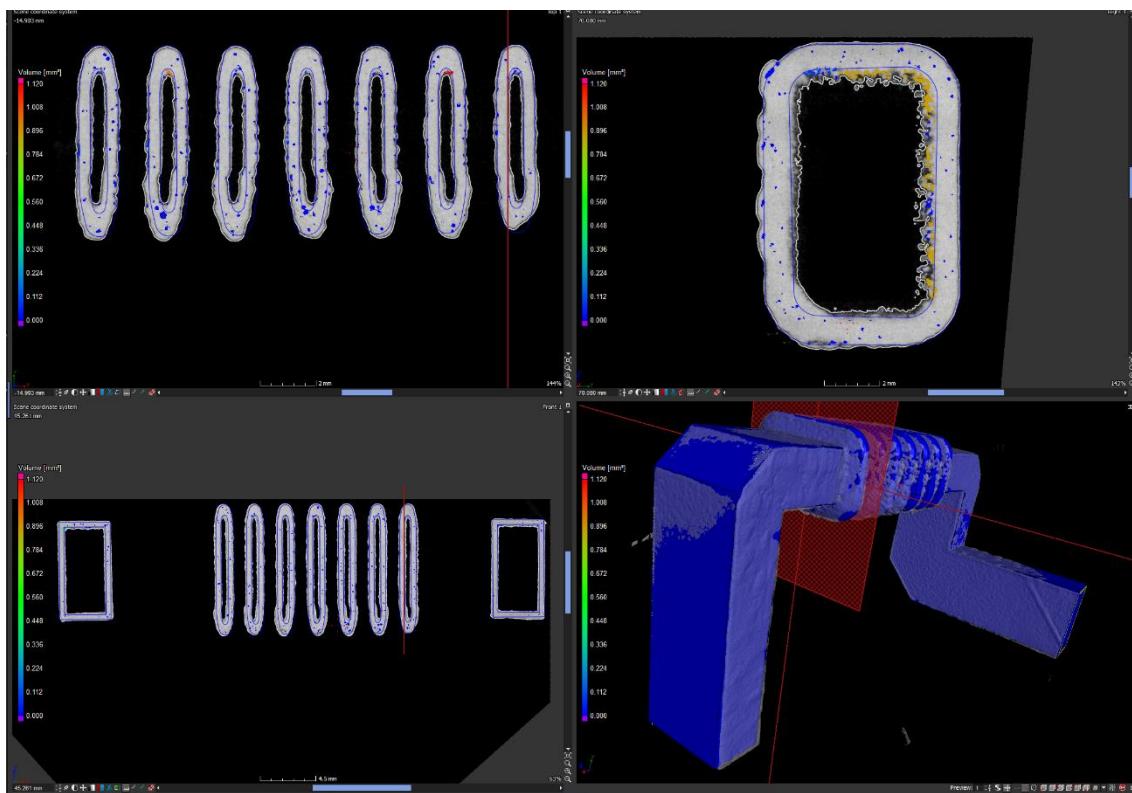
Существует модуль, специально предназначенный для коррекции литьевых форм и программ для трехмерной печати по результатам сопоставления полученных моделей с конструкторскими.



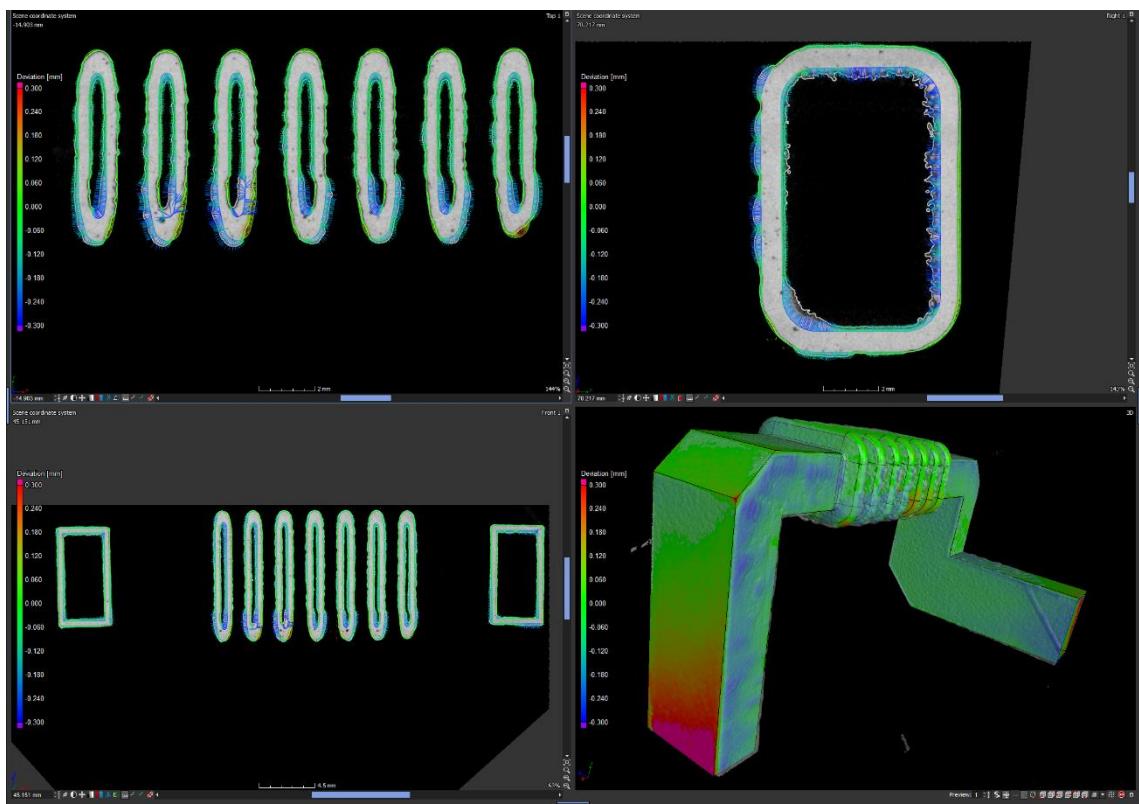
Модуль координатных измерений.
Определение расстояний между шарами меры для испытаний.



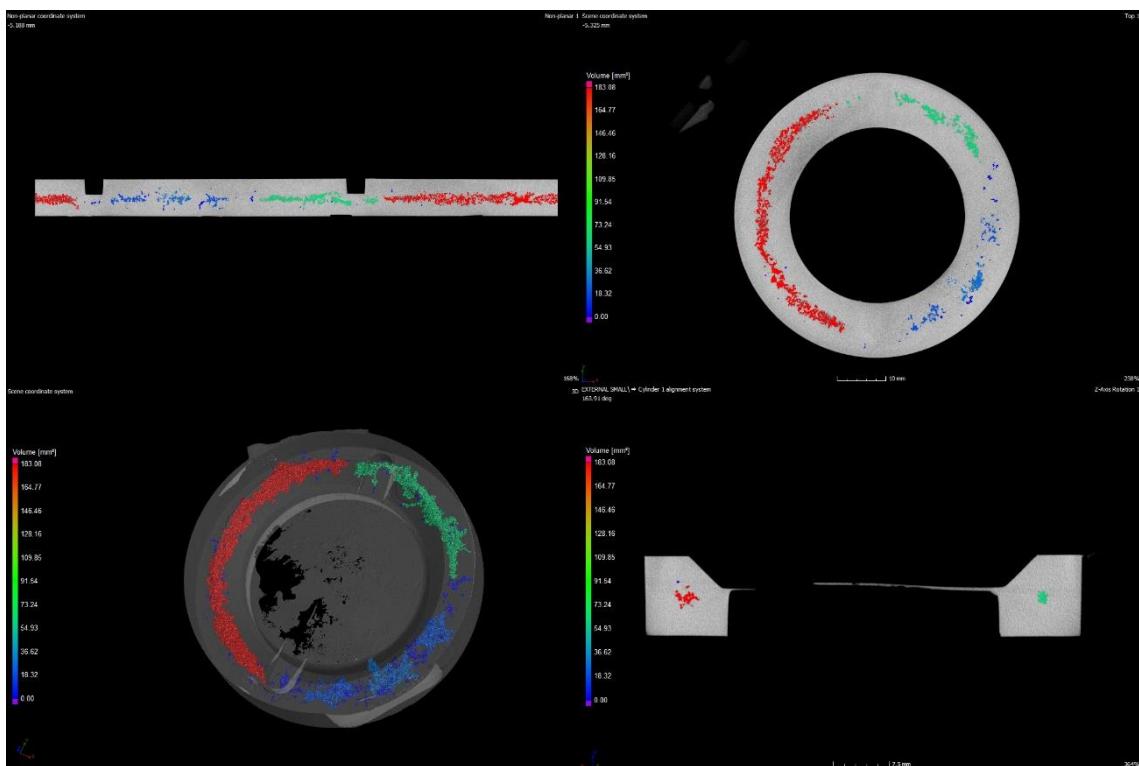
Трёхмерная модель геологического керна. Анализ пустот и включений.



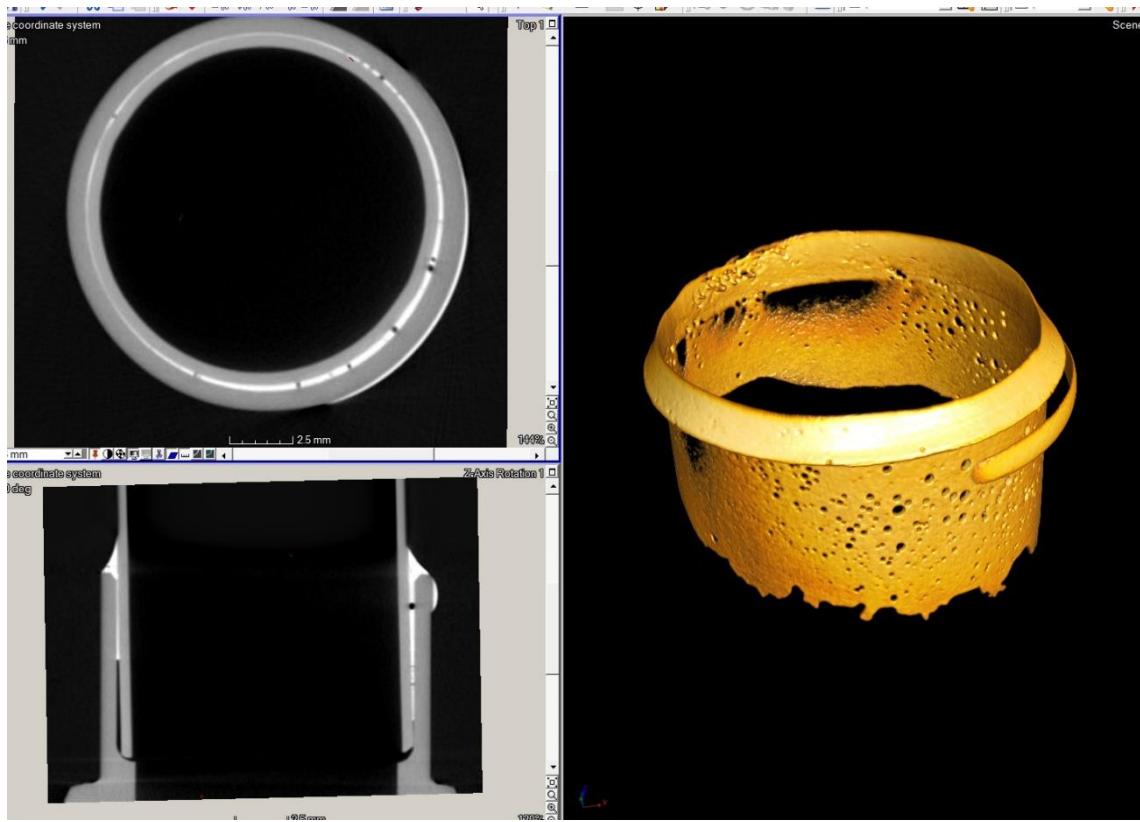
Волновод, аддитивная технология. Наложение CAD-модели, автоматический анализ пустот.



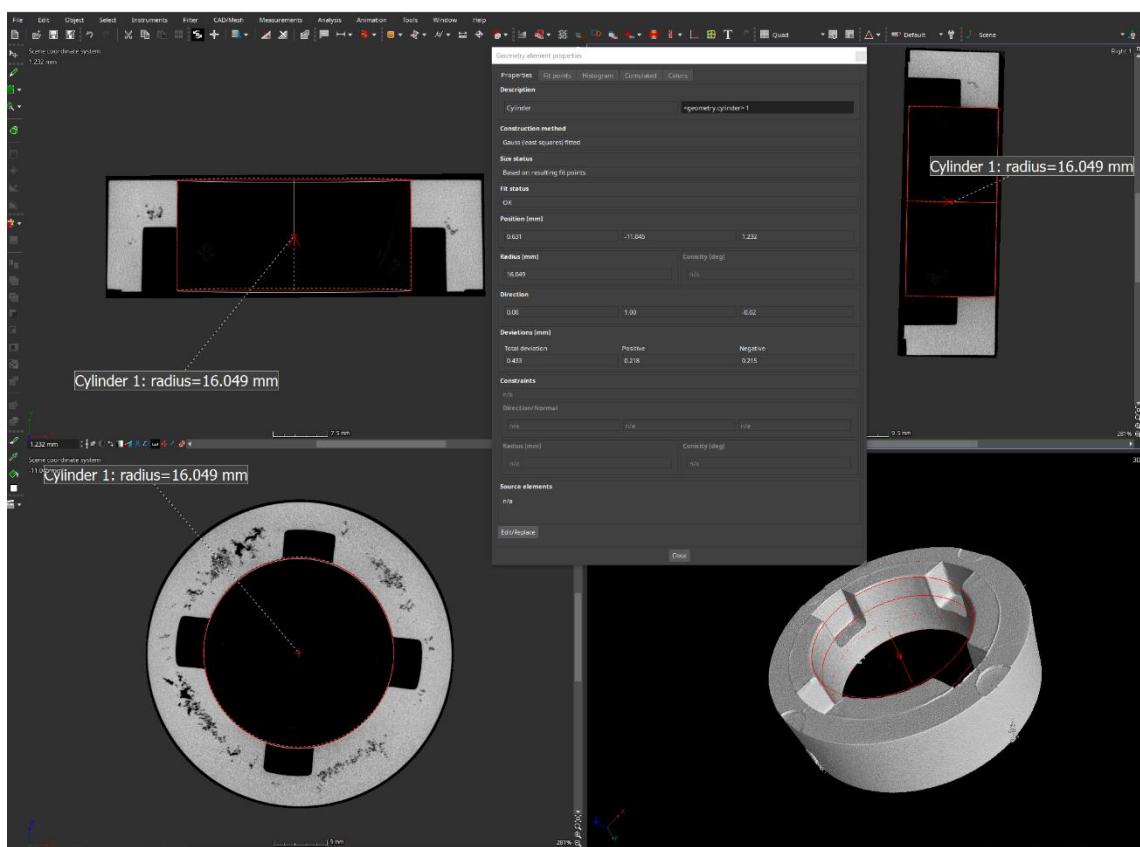
Волновод, аддитивная технология. Автоматический анализ отклонений от CAD-модели.



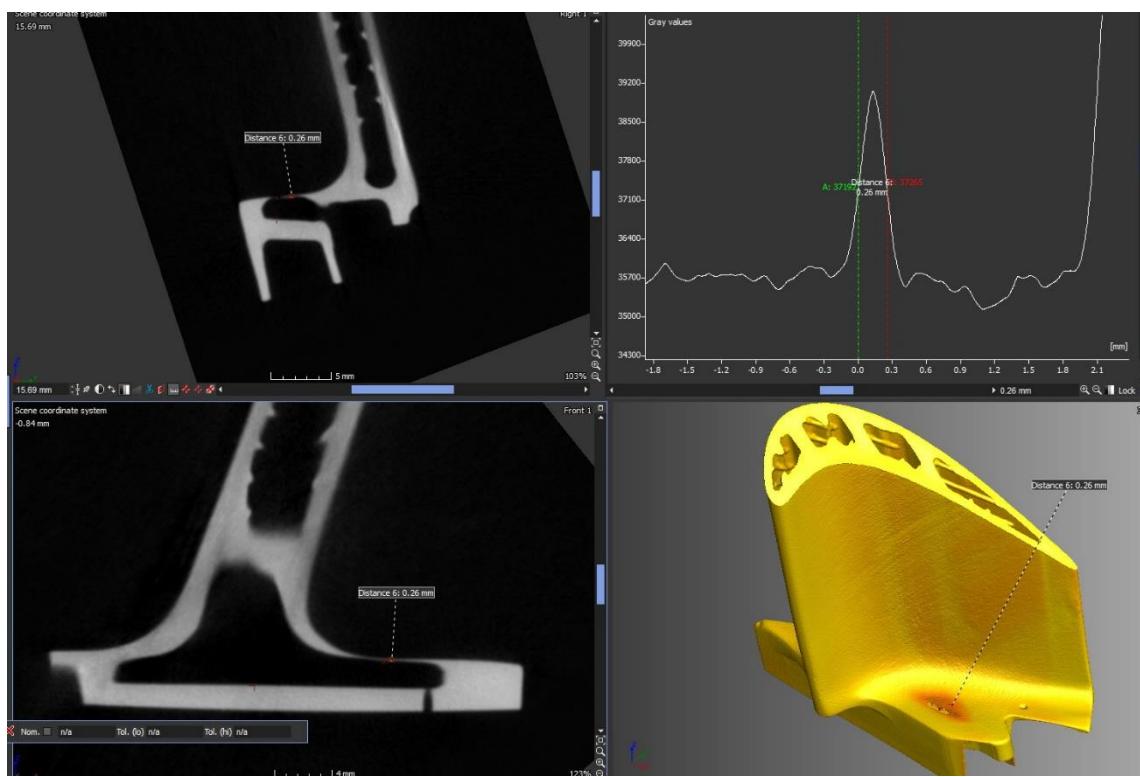
Автоматический поиск дефектов в отливке Al.



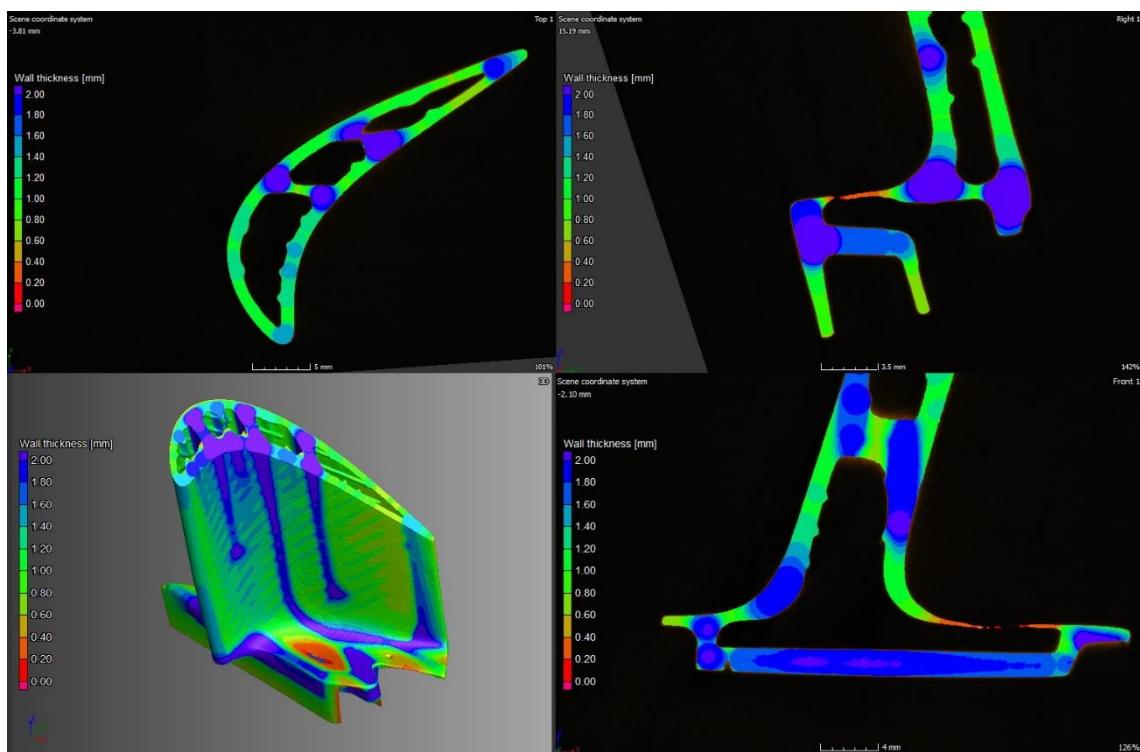
Паяное соединение. Диаметр 15мм. Сегментация с выделением изображения припоя.



Автоматический анализ геометрии объекта.



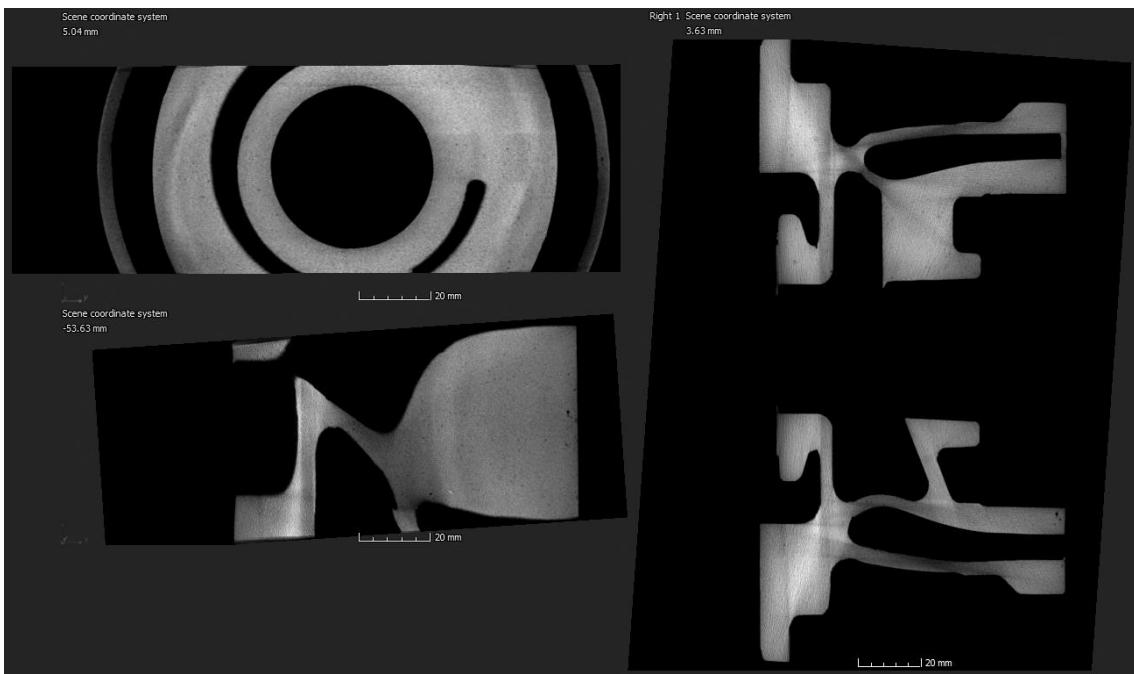
Исследование утонения стенки полки турбинной лопатки.



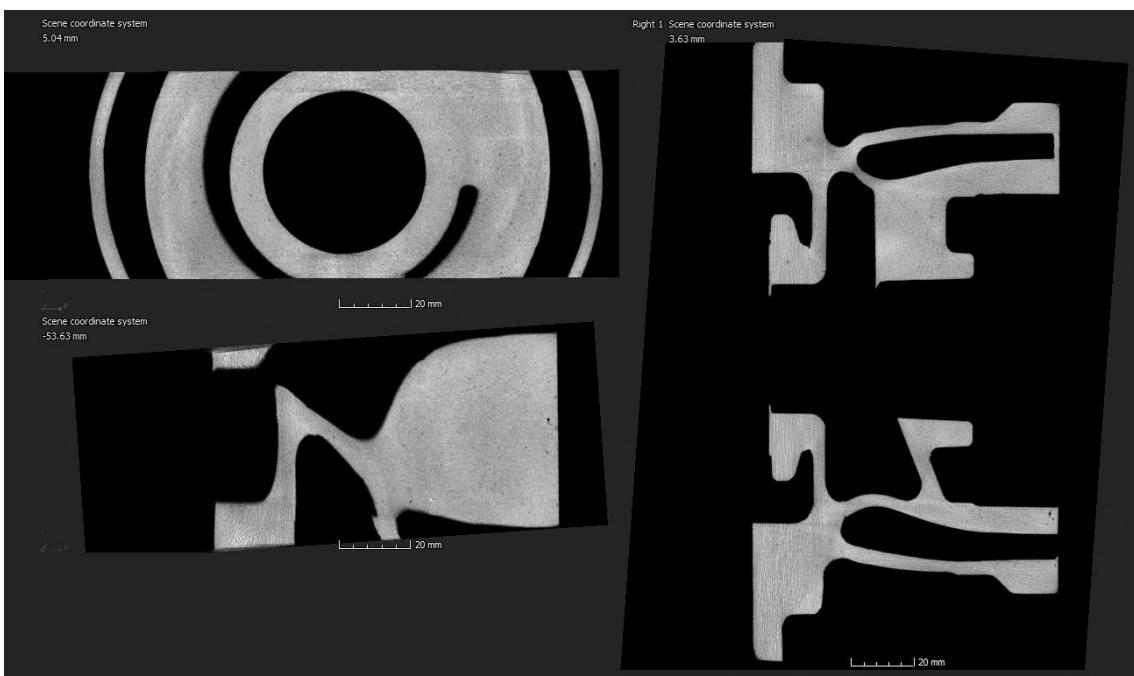
Исследование утонения стенки полки турбинной лопатки.

Опция PSS (Program Scatter Suppress)

Оригинальный алгоритм, разработанный АО «Тестрон». Позволяет подавлять вклад рассеянного излучения в проекционные данные. Резко улучшает качество трехмерной модели, особенно при больших радиационных толщинах. Делает возможным применение модулей анализа (выделение поверхности, анализ пустот и включений, анализ геометрии) в случаях, когда при стандартной обработке они неприменимы из-за сильного влияния артефактов.



Алюминиевое литье. Стандартный алгоритм восстановления.



Алюминиевое литье. Применение алгоритма PSS (АО «Тестрон»).

Технические характеристики

Параметр	Значение			
Общие параметры системы				
Объект контроля *				
Максимальный диаметр объекта	600 мм			
Максимальная высота объекта	800 мм			
Максимальная масса объекта	20 кг 10 кг при метрологических исследованиях			
Режимы работы	Послойная томография в коническом пучке Томография в веерном пучке Сpirальная томография в коническом пучке Рентгенотелевизионный Радиография			
Методы регистрации томограммы	Непрерывное вращение Пошаговая съемка			
Зона 3D-сканирования, разрешение и метрология	Используемая рентгеновская трубка <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Микрофокусная</td> <td style="width: 33%;">Нанофокусная</td> </tr> </table>		Микрофокусная	Нанофокусная
Микрофокусная	Нанофокусная			
Максимальная высота зоны 3D-сканирования	600 мм			
Максимальный диаметр зоны 3D-сканирования	513 мм			
Геометрическое увеличение	1,3 – 110			
Предел пространственного разрешения	2 мкм (в одном направлении) для трубы 240кВ / 350Вт 3 мкм (в одном направлении) для трубы 300кВ / 350Вт 4мкм для трубок мощностью 500Вт			
Минимально различимые дефекты (может ограничиваться радиационной толщиной)	~ 1 мкм			
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров, мкм	$\pm (4 + L/100)$ где L – измеренный линейный размер, мм при массе объекта исследования не более 10 кг			
Основные метрологические характеристики в соответствии с метрологическим сертификатом	Используемая рентгеновская трубка <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Микрофокусная</td> <td style="width: 33%;">Нанофокусная</td> </tr> </table>		Микрофокусная	Нанофокусная
Микрофокусная	Нанофокусная			
Диапазон измерений линейных размеров, мм	От 0,14 до 200,00			
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров, мкм * где L – измеренный линейный размер	$\pm(4+L(\text{мм})/100)$ *			
Дискретность отсчета, мкм	1			
Тип детектора	FILIN-2430HR/D			
Рабочее поле	233x291 мм			
Размер пикселя (шаг между центрами пикселей)	76 мкм			
Количество пикселей	3072 * 3840			
Динамический диапазон	16 бит			
Скорость детектора при полном разрешении (1:1) и биннинге (2:2)	25 кадр/сек @ 1:1 / 76 мкм 50 кадр/сек @ 2:2 / 152 мкм			
Термостабилизация	Опционально			

* установка объекта контроля с максимальными размерами может ограничивать зону перемещения манипулятора

Рентгеновские аппараты с микрофокусной трубкой открытого типа	- быстросменный катод с увеличенным до 10 раз временем работы; - время смены катода не более 30 минут; - высокая стабильность излучения; - двухступенчатая система вакуумной откачки; - автоматическая система управления трубкой включая тренировку, центровку, фокусировку и проверку мишени; - система установки сменных фильтров излучения;
Микрофокусные источники излучения 300кВ / 240кВ / 225кВ	
Конструкция трубы	Открытого типа, с двухступенчатой системой откачки воздуха при помощи турбомолекулярного и безмасляного форвакуумного насосов.
Максимальное напряжение	300 кВ / 240кВ / 225кВ
Минимальный предел пространственного разрешения с подтверждением при помощи JIMA-теста	2 мкм (в одном направлении) для трубы 240кВ / 350Вт 3 мкм (в одном направлении) для трубы 300кВ / 350Вт 4 мкм (в одном направлении) для трубы 300кВ / 500Вт
Камера биологической защиты	
Конструкция	слоеная сталь - свинец - сталь
Размеры (Ш x Г x В)	(Ш) 3000 мм x (Г) 2500 мм x (В) 2000 мм при исполнении с двумя трубками (Ш) 2750 мм x (Г) 2000 мм x (В) 2000 мм при исполнении с одной трубкой
Масса комплекса - при напряжениях до 225/240кВ - при напряжениях до 300кВ	~ 8,5 т ~ 12 т
Мощность дозы в 10 см от поверхности	< 1 мкЗв/ч
Дополнительные компоненты оборудования и ПО	Не входят в базовую комплектацию, поставляются по заказу
Опциональные нанофокусные источники излучения и дополнительные компоненты для них	
Рентгеновские аппараты с нанофокусной трубкой открытого типа	- алмазное выходное окно с вольфрамовым напылением; - быстросменный катод; - время смены катода не более 30 минут; - высокая стабильность излучения; - двухступенчатая система вакуумной откачки; - автоматическая система управления трубкой включая тренировку, центровку, фокусировку и проверку мишени; - система установки сменных фильтров излучения;
Нанофокусный источник излучения 190 кВ / 225 кВ / 240 кВ	
Конструкция трубы	Нанофокусная, открытого типа
Система откачки воздуха	Двухступенчатая при помощи турбомолекулярного и безмасляного форвакуумного насосов.
Максимальное напряжение	190 кВ / 225 кВ / 240 кВ
Минимальный предел пространственного разрешения	0,5 мкм или 0,9 мкм
Дополнительные компоненты для детекторной системы	
Система терmostабилизации детектора	Система поддержания постоянной во времени температуры детектора.
Функциональные возможности	- Предотвращает термически-инициированные изменения распределения темнового сигнала детектора. - Снижает темновой шум. - Повышает качество контроля изделий с большими радиационными толщинами.

	Дополнительные компоненты и модули аппаратно-программного обеспечения метрологии и сканирования объекта
Опция «Метрология»	
Состав	<ul style="list-style-type: none"> • Модуль «Автоматическая калибровка геометрии «По месту». • Опция 3D-PB. Расширенная 3D-визуализация. • Модуль «Координатные измерения». • Набор мер для настройки и калибровки томографов FILIN-CT. • Мера для проверки метрологических характеристик томографа. • Прецизионная юстировка углов установки детектора. • Калибровка отклонений пиксельной решетки плоскопанельного детектора от идеальной формы. • Методика поверки томографов FILIN-CT. • Система термостабилизации камеры биологической защиты. • Первичная поверка оборудования
Мера для испытаний томографа с сертификатом калибровки	Восемь шаров из Al2O3, закрепленных на трубке из углепластика на определенном расстоянии друг от друга по одной оси. Шары изготовлены в соответствии с требованиями ISO 3290, класс G10.

Программное обеспечение

Функции и модули программного обеспечения	
Программное обеспечение СТ-Control. Управление томографом, сбор и подготовка данных.	
Управление рентгеновским аппаратом	
Управление напряжением, током, мощностью трубки.	
Автоматическая тренировка трубки.	
Автоматическое или ручное задание параметров излучения.	
Ввод изображений и управление детектором	
Автоматическая инициализация детектора.	
Автоматическая калибровка детектора.	
Автоматическое или ручное задание параметров детектора (усиление, время интегрирования, биннинг).	
Геометрические преобразования при вводе изображения (область интереса, поворот, отражение).	
Автоматическое или ручное создание/обновление калибровочного набора с заданными режимами (оффсет, усиление, карта битых пикселей).	
Управление манипуляционным оборудованием	
Программное управления осями манипулятора.	
Ручное управления осями манипулятора. Выход в заданную позицию. Движение с заданной скоростью.	
Синхронизация перемещения осей	
Индикация координат по осям.	
Программное ограничение пределов перемещений.	
Настройка и калибровка томографа	
Функция «Комплексная калибровка и Автоподстройка»: Построение многомерной карты калибровки осей томографа.	
Автоматическая подстройка положений объекта и детектора в текущей позиции.	
Коррекции смещения оси вращения.	
Функция «Калибровка осей По месту» (при наличии опции Метрология): автоматическое определение параметров восстановления томограммы по результатам сканирования специализированной меры в текущей выбранной позиции осей.	
Построение карты отклонений пиксельной решетки плоскопанельного детектора от идеальной формы (при наличии опции Метрология)	
Коррекция отклонений пиксельной решетки плоскопанельного детектора от идеальной формы (при наличии опции Метрология)	
Управление сбором проекционных данных и анализом результатов	
Задание идентификаторов проекта Sova-3D (наименования организации, подразделения, наименование и серийный номер изделий).	
Идентификация изделия по штрих-коду (опция)	
Автоматическое формирование единой структуры файлов и папок для хранения данных проекта Sova-3D.	
Поиск и предпросмотр проектов по заданным идентификаторам.	
Задание геометрии съемки.	
Выбор режима съемки: томография слоя, автоматическая послойная томография длинных объектов, спиральная томография(опция), расширенный скан, мультискан, умный скан.	
Задание параметров регистрации: кратность накопления, режим считывания детектором.	
Задание режимов предварительной обработки: Адаптивное подавление шума, Коррекция отклонений пиксельной решетки плоскопанельного детектора от идеальной формы, Логарифмирование, Коррекция жестчения, Коррекция особых пикселей, Программная коррекция рассеянного излучения.	
Составление рецептов – типовых программ контроля.	
Съемка по заданной программе.	
Экспорт данных в ПО реконструкции и анализа с указанием выбранных модулей, и опций анализа.	

	Автоматическая передача актуальной геометрии в программу восстановления.
	Автоматическая коррекция нарушений юстировки в реальном времени при съемке проекционных данных (опция RTA) повышает метрологическую точность прибора при использовании микрофокусных трубок.

Программное обеспечение Sova-64. Работа с 2D- изображениями

	Многооконный интерфейс.
	Оптимизация яркости и контраста по гистограмме всего изображения или его выделенной части.
	Автоматическая оптимизация яркости и контраста, задаваемая по всему изображению или его выделенной части.
	Масштабирование прокруткой, выделением, выбором масштаба.
	Улучшение читаемости изображения с помощью фильтров различного типа.
	Универсальный алгоритм оптимизации контраста –«АВУ-Тестрон»: Устранение «разнoplотности» снимка, выравнивание яркости по полю изображения для одновременного просмотра участков разной толщины.
	Цифровая «лупа».
	Цифровой биннинг.
	Негатив.
	Окрашивание.
	Интерполяция.
	Индикация зашкалов.
	Нанесение пометок.
	История обработки снимков.
	Аэроснимок
	Выполнение автоматизированный последовательностей
	Настройка горячих клавиш
	Сравнение снимков: приведение снимков к одинаковым настройкам геометрии и яркости.
	Редактирование и выполнение последовательностей действий.
	Измерительная линейка.
	Индикация яркости и координат в данной точке.
	Вывод гистограммы яркости изображения или его выделенной части.
	Построение профиля яркости по выделенному отрезку.
	Определение нормализованного отношения сигнал/шум по ISO 17636.
	Автоматизированное определение базового пространственного разрешения по снимку эталона Duplex Wire.
	Классификация детектора по ASTM: регистрация последовательности снимков, особые пиксели (мертвые, шумные, яркие, темные, неоднородные, запаздывающие), SRb, Эффективность, CSa, SMTR, Global Lag, Burn-In, ISR.
	Определение координаты дефекта в направлении просвечивания.
	Формирование линейки с привязкой к объекту (формирование непрерывной линейки по всей длине объекта)

Базовое программное обеспечение реконструкции и визуализации

Восстановление и визуализация	
	Построение трехмерной модели объекта.
	Трехмерный рендеринг с применением эффектов освещения, теней, регулируемой прозрачности
	Разрезы на трехмерной модели плоскостями и пространственными телами
	Окрашивание модели.
	Регистрация модели в пространстве.
	Построение произвольно ориентированных двумерных сечений объекта.
	Непланарные сечения, «развертки».
	Измерение расстояний и углов на сечениях.
	Измерение уровня серого в точке и статистика в выбранных интервалах профиля интенсивностей.

Экспорт и хранение изображений и результатов	
	Экспорт результатов в формате DICONDE.
	Экспорт сечений в стандартных графических форматах.
	Экспорт CAD модели в формате STL.
	Создание анимационных роликов в формате .AVI или пакета двумерных изображений.
Дополнительное программное обеспечение (не входят в базовую комплектацию, поставляются по заказу)	
Опциональные модули сканирования объекта	
	<p>Модуль «RTA» (real time alignment) Коррекция изменений геометрии, вызванных дрейфом фокусного пятна и механическими сдвигами, вызванными тепловым расширением конструкционных элементов. Повышает метрологическую точность прибора при использовании микрофокусных трубок. Необходима опция «Ось поперечного смещения детектора».</p>
	<p>Модуль «Дуальный скан» Позволяет работать при интенсивностях излучения, вызывающих насыщение детектора в прямом пучке.</p>
	<p>Модуль «Расширенный скан» Изменение алгоритма сканирования, обеспечивающее размер томограммы, превышающий размеры детектора. Предварительная обработка проекционных данных, позволяющая применять стандартное ПО восстановления.</p>
	<p>Модуль «Мультискан» Изменение алгоритма сканирования, обеспечивающее размер томограммы, превышающий размеры детектора. Предварительная обработка проекционных данных, позволяющая применять стандартное ПО восстановления.</p>
	<p>Модуль «Сpirальная томография» Исключение артефактов, присущих стандартному аксиальному скану (неадекватное отображение плоскостных дефектов и структурных элементов, перпендикулярных оси вращения в нецентральных сечениях). Получение единой модели длинного объекта.</p>
	<p>Модуль «Умный скан» Программирование и выполнение сканирования с заданным законом изменения углового инкремента, времени накопления. Сокращение времени, необходимого для сканирования сложных объектов. Динамическое управление шторками лимитирующей диафрагмы. Ослабление артефактов и увеличение отношения сигнал/шум за счет ослабления потока рассеянного излучения.</p>
	<p>Модуль «Накопительное сканирование» Повторное сканирование с добавлением данных к предыдущему проекционному набору. При недостаточном времени накопления – суммирование новых проекций с исходными. При недостаточном количестве проекций – добавление промежуточных проекций в исходный набор.</p>
	<p>Модуль «Непрерывное вращение» Сканирование без остановок в позициях для экспонирования. Включает ускоренное получение данных для быстрого предпросмотра модели.</p>
	<p>Модуль RTRS (real time ring artifacts suppression) Коррекция кольцевых артефактов в процессе сканирования. Сканирование с варьируемыми сдвигами детектора на несколько пикселей. Необходима опция «Ось поперечного смещения детектора».</p>
	<p>Модуль «Томография длинных объектов» Автоматическая послойная томография и построение единой модели образца увеличенной длины.</p>
	<p>Модуль VDR (virtual double resolution) Виртуальное удвоенное разрешение. Последовательные сканирования со смещениями детектора на половину пикселя вдоль строки и столбца.</p>
	<p>Модуль «Под ключ» Полностью автоматический процесс сканирования, реконструкции, анализа и формирования заключения.</p>
Опциональные модули предварительной обработки и 3D-реконструкции	

	Модуль «Коррекция жестчения/ Логарифмирование»
	Модуль «Адаптивное подавление шумов»
	Модуль PSS «Программное подавление рассеянного излучения»
	Модуль «Коррекция кольцевых артефактов»
Расширенная 3D-визуализация (опция 3D-PB)	
	Возможность подключения доп. модулей анализа
	Создание и операции с областями интереса в воксельных и CAD-моделях.
	Сегментация и классификация.
	Создание поверхностной модели и экспорт в STL-формате.
	Взаимная конвертация данных в виде вокселей, полигональных моделей, облаков точек.
	Импорт CAD-моделей в форматах STEP, IGES.
	Математические операции с воксельными данными.
	Цифровая фильтрация.
	Автоматическая оценка по выбранным критериям.
	Макросы и шаблоны.
	Создание отчетов, включая экспорт в XLSX и PDF файлы.
	Комбинированный анализ, например, оценка размеров дефекта в сравнении с толщиной стенки.
Модули анализа трехмерных моделей (требуют наличия опции 3D-PB)	
	Модуль «Координатные измерения»
	Модуль «Сравнение с САПР данными»
	Модуль «Анализ толщины стенок»
	Модуль «Анализ пустот и включений»
	Модуль «Анализ волоконно-композиционных материалов»
	Модуль «Анализ губчатых материалов»
	Модуль «Моделирование явлений переноса»
	Модуль «Моделирование прочностных испытаний»
	Модуль «Коррекция моделей для 3D-печати и литья под давлением»
Опции управления и администрирования	
Модуль «Разделение доступа»	
	Разделения уровня доступа к программе на оператора, технолога и эксперта с ограничением функционала.