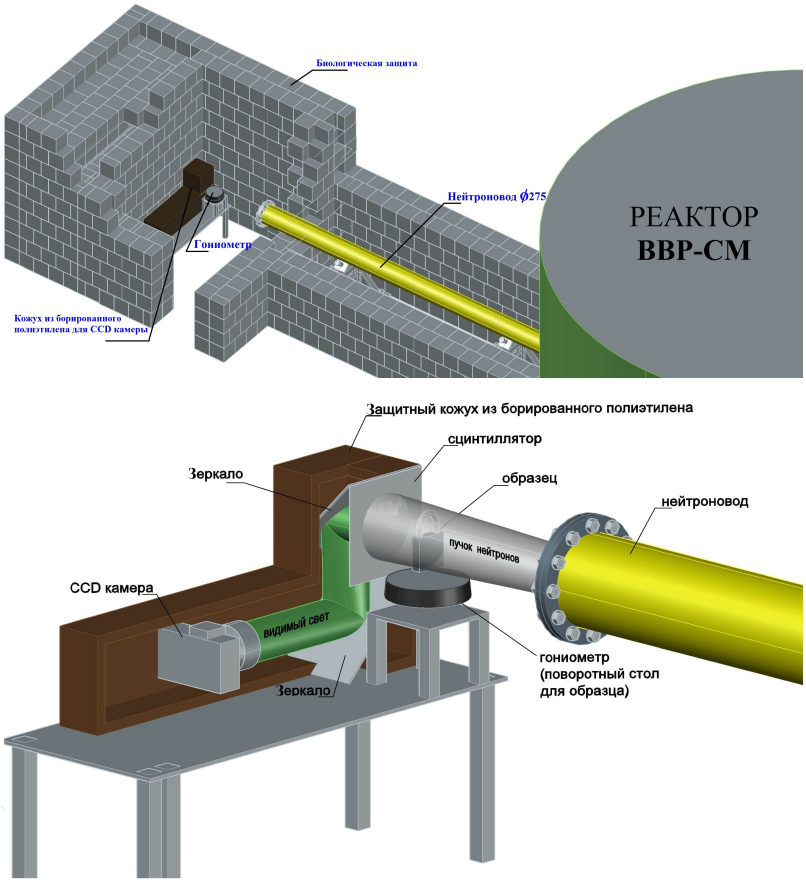
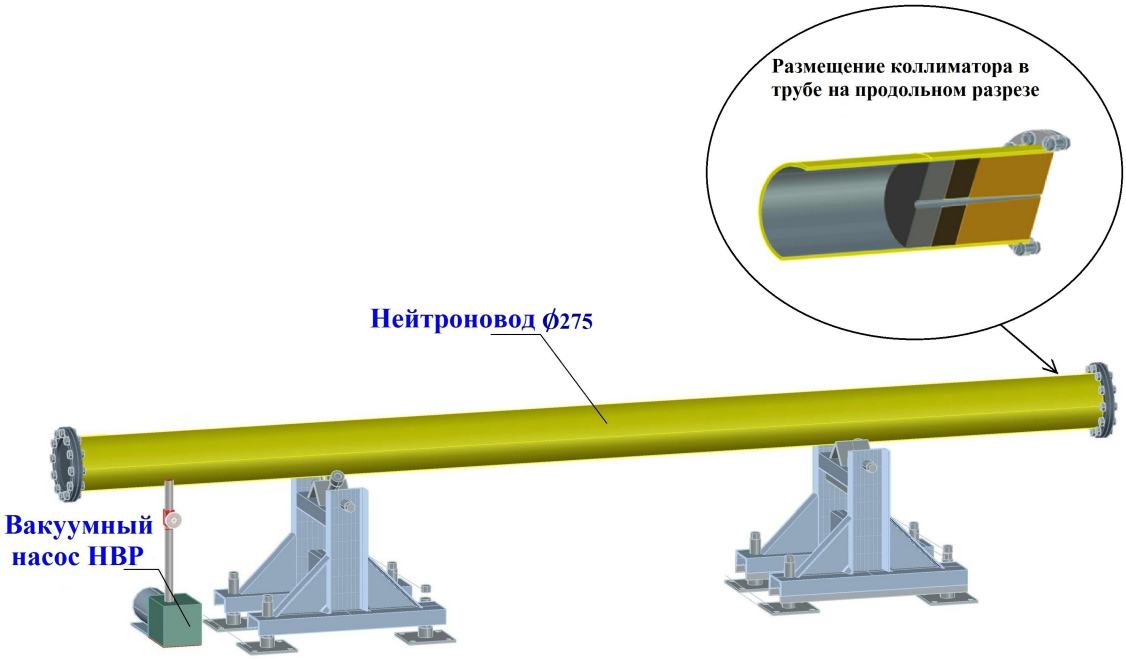
Нейтронная радиография и томография: новые возможности ядерного реактора ВВР-СМ

Неразрушающие методы исследования свойств и структур объектов широко используются во многих областях науки и техники. Один из наиболее распространенных методов, позволяющих изучать структуру объекта, основан на использовании рентгеновских лучей. Однако применение рентгеновских лучей ограничено из-за их низкой чувствительности к веществам, содержащим легкие элементы. Коэффициент ослабления рентгеновских лучей увеличивается с порядковым номером атома, с их помощью невозможно различать изотопы атома, глубина проникновения небольшая, поэтому невозможно получить полную информацию о внутреннем строении объектов, образцов.

В связи с этим, для изучения внутреннего строения объектов неразрушающим методом, целесообразно использовать излучение, поглощение которого не зависит от порядкового номера элементов, имеющее высокую проникающую способность, чувствительное к легким ядрам и изотопам атомов. Учитывая особенности взаимодействия нейтронов с ядром атома, была разработана установка нейтронной радиографии и томографии, изготовлена и введена в эксплуатацию на горизонтальном канале ядерного реактора Института ядерной физики Академии наук, которая позволяет исследовать внутреннюю структуру-строение объектов различной толщины.



Вид установки нейтронной радиографии и томографии



Система нейтроновода

Тепловые, эпитепловые нейтроны используются в нейтронной радиографии и томографии для изучения внутренней структуры различных объектов, образцов и изделий без повреждения и сохранения их целостности.

По сравнению с рентгеновскими лучами, которые обладают электромагнитными свойствами, нейтронные лучи проникают вглубь исследуемого объекта, что позволяет с их помощью изучать крупные объекты в науке и технике.

Научно-техническая новизна введенной в эксплуатацию установки нейтронной радиографии и томографии заключается в том, что для изучения с высокой точностью внутренней структуры различных объектов и определения в них дефектов при сохранении их целостности, выбран оптимальный поток нейтронов ~107 нейтр./см2с и разрешение ~150 мкм (L/d~500), при этом управляемый гониометр вращает образец на 180 градусов.

В качестве сцинтилляционного детектора для преобразования нейтронов, проходящих через “образец” в видимый свет, использовался экран 6LiF/Zn(Cd)S:Ag. Свет, излучаемый сцинтиллятором с помощью зеркал размерами 200×280×3 мм, обладающих высокой отражающей способностью, направляется в CCD камеру типа ProLine PL09000.

Метод нейтронной радиографии основан на регистрации и обработке разной степени ослабления интенсивности потока нейтронов при прохождении исследуемой внутренней структуры материала, состоящей из элементов с различными сечениями рассеяния нейтронов, различной плотности и толщины.

Фотография

Радиография

Изображение внутренней структуры замка, полученное на установке нейтронной радиографии

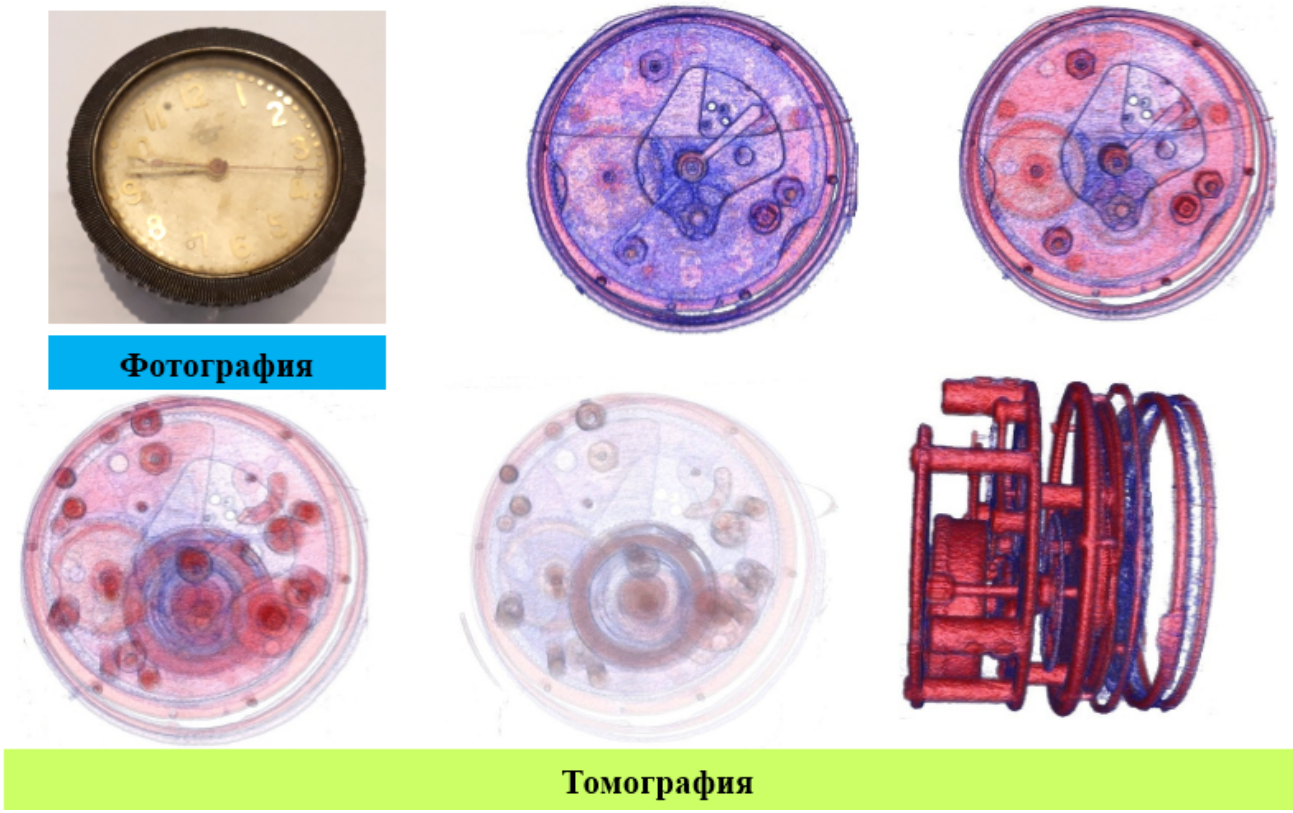
Фотография

Радиография корня кукурузы

Изображение корня кукурузы в контейнере, полученное на установке нейтронной радиографии

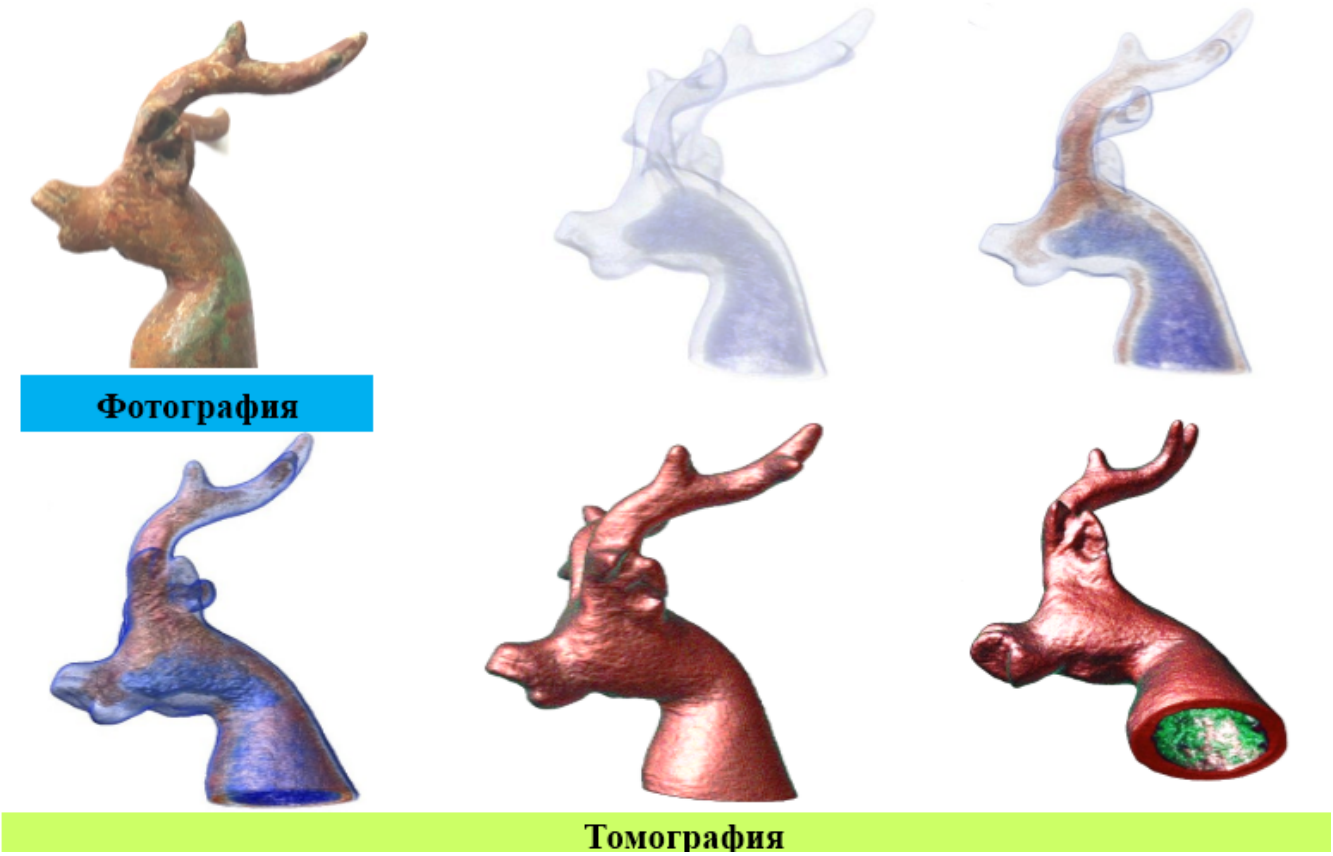
Метод нейтронной томографии заключается в получении трехмерного изображения внутренней структуры образца путем вращения его вокруг вертикальной оси с определенной угловой скоростью, получении отдельных изображений, снятых под разными углами относительно направления потока нейтронов, и реконструкции этих изображений. С помощью программного обеспечения создается трехмерная модель внутренней структуры предмета (материалов, деталей, растений, исторических находок, механизмов и т.д.).

Важной характеристикой установки нейтронной томографии является ее разрешение, которое, в основном, зависит от входного “диаметра” потока нейтронов и расстояния от входного коллиматора нейтроновода до исследуемого объекта.



Изображение внутреннего строения часов, полученное на установке нейтронной томографии

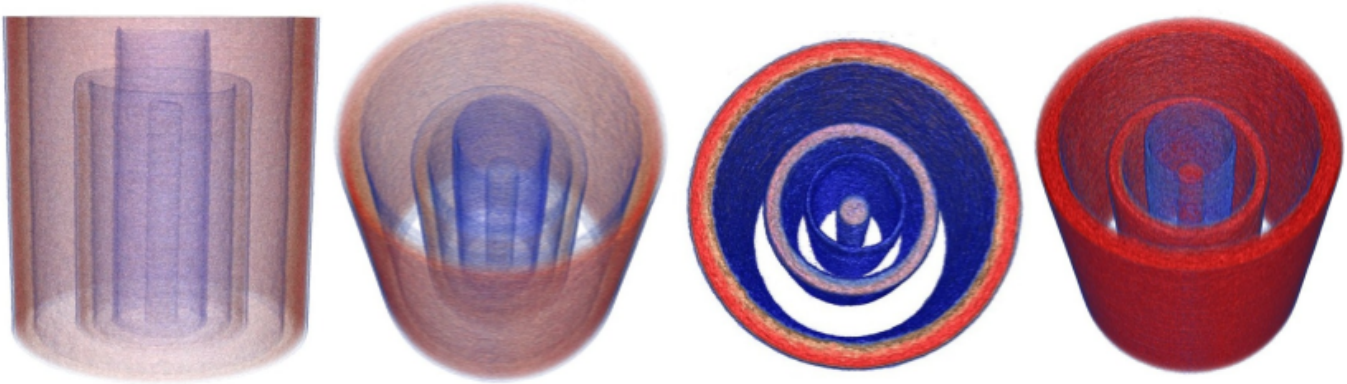
Нейтронная томография является одним из ведущих методов изучения внутренней структуры объекта для исследований в области палеонтологии, геологии, археологии, материаловедения, минералогии, геофизики и других областях.



Изображение внутренней структуры древней находки, полученное на установке нейтронной томографии

Она также является уникальным инструментом для изучения внутренней структуры толстых металлсодержащих изделий и динамики их изменения.

Фотография



Томография

Изображения различных металлических изделий, полученные на установке нейтронной томографии

Установка нейтронной радиографии и томографии предоставляет широкий спектр возможностей для изучения внутренней структуры археологических, палеонтологических, промышленных изделий, геологических, минералогических, геофизических и биологических объектов.

Установка нейтронной радиографии и томографии Института ядерной физики Академии наук Узбекистана является одной из передовых в СНГ по своим характеристикам, что позволяет на ее основе организовывать новые научные исследования в различных областях науки (физики, химии, биологии, материаловедении, палеонтологии, геологии и др.).