

АТОМЭКСПО 2022

Исследование и опытное применение цифровых технологий радиационной защиты объектов использования ядерной энергии

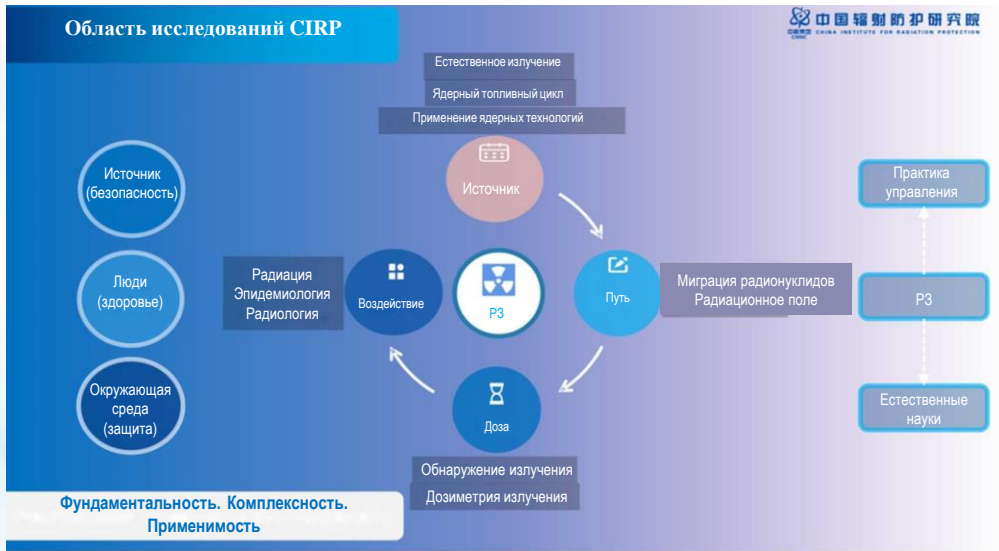
Цао Циньцзянь

Кафедра защиты от ионизирующего излучения

Китайский институт радиационной защиты

21-22 ноября 2022 г.







Введение

Цифровая система ALARA

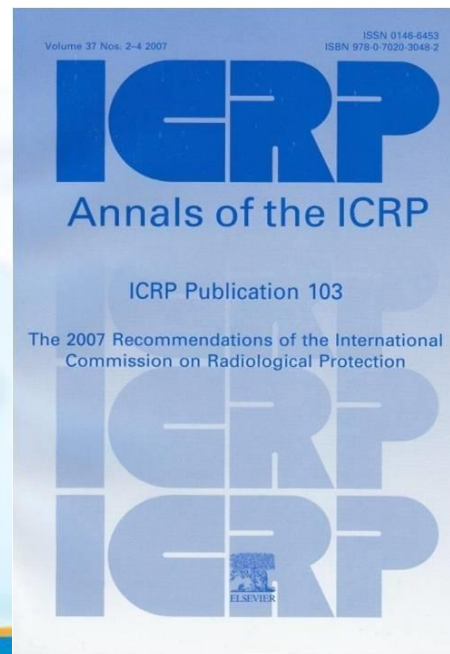
CIRPDose: инструмент планирования 3D ALARA

Заключение



- **Общие сведения**

- Система радиологической защиты, рекомендованная МКРЗ, опирается на три принципа.



- два способа уменьшить профессиональное облучение

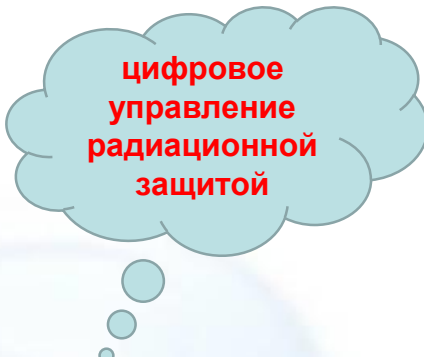
способы снижения дозы



Сокращение активности источника излучения:

Механизм генерации излучения в источнике
Мониторинг и оценка источника излучения
Контроль химического состава воды
Обеззараживание/очистка
Улучшение материала

организация радиационной защиты:
Защитные меры
Операционный план
Радиационный мониторинг



цифровое
управление
радиационной
защитой

● Предпосылки

- Основная работа по радиационной защите ядерных объектов: обеспечение **минимального допустимого (англ. As Low As Reasonably Achievable, аббр. ALARA)** уровня радиационного облучения на рабочем месте.
- Предъявляются **новые требования** к контролю радиационной защиты на объектах использования атомной энергии.
- Для дальнейшего снижения дозы и повышения уровня радиационной защиты необходимо использовать **новые эффективные технические средства**.
- Ядерная промышленность постепенно перешла на режим **цифровой эксплуатации и управления**. Основные особенности:
 - ✓ 3D визуализация
 - ✓ виртуальное моделирование
 - ✓ и др.



● Предпосылки

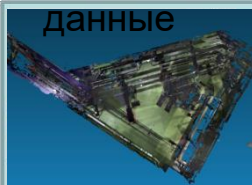
- Управление радиационной защитой на основе **технологии визуализации** — одно из важных направлений развития принципа ALARA. Оно предлагает ряд преимуществ.
 - ✓ Использование технологии виртуальной трехмерной реальности.
 - ✓ Информацию об распространении излучения в пространстве можно представить визуально с использованием цвета и прозрачности в трехмерном виде.
 - ✓ Можно получить исчерпывающую информацию об излучении на рабочем месте, например, провести оценку дозы и расчет необходимой защиты для работы в условиях высокого риска радиационного облучения.
 - ✓ Может использоваться также для обучения операторов и моделирования ситуаций, для повышения эффективности управления радиационной защитой, оптимизации радиационной защиты на месте и для разработки схем принятия решений по радиационной защите.



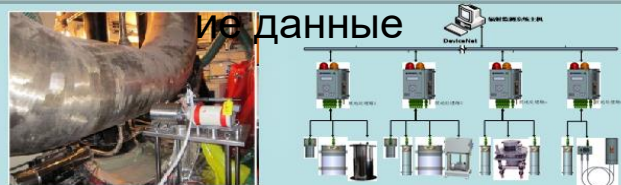
Получение данных



Геометрические



Радиометрические данные



Мониторинг и моделирование



Управление информацией

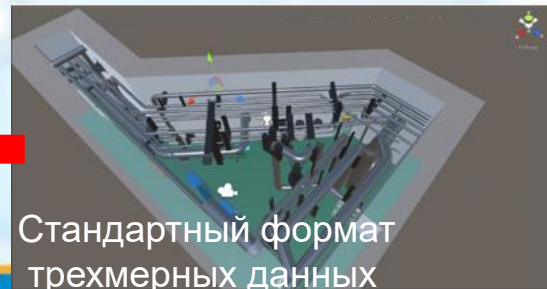
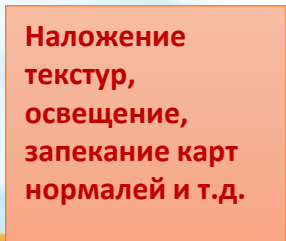


Помощь в принятии решения



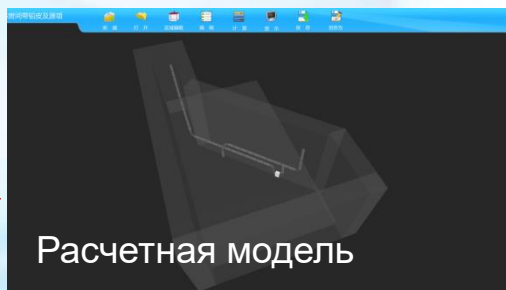
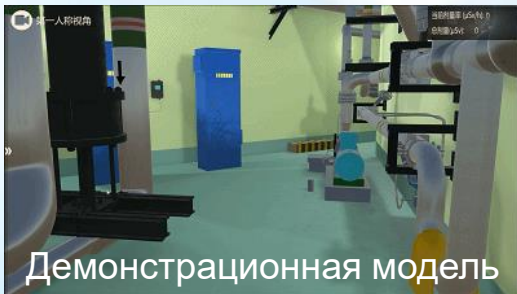
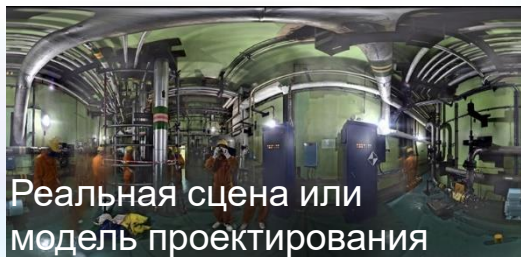
● Моделирование

- Для получения стандартного формата используется модель облака точек лазерного сканирования с помощью алгоритмов выделения характерных точек, идентификации параметров и составления карты точек. Затем из облака точек посредством визуализации с наложением текстур, освещением, запеканием карт нормалей и т.д. создается демонстрационная модель.



● Моделирование

- Модели по их назначению можно разделить на четыре типа: модель проектирования, модель сканирования, демонстрационная модель и расчетная модель. Для реализации унифицированной трансформации необходимо создать стандартную модель.



● Трёхмерная реконструкция поля излучения

- **Источник данных:** источник излучения и измерение мощности дозы на месте.



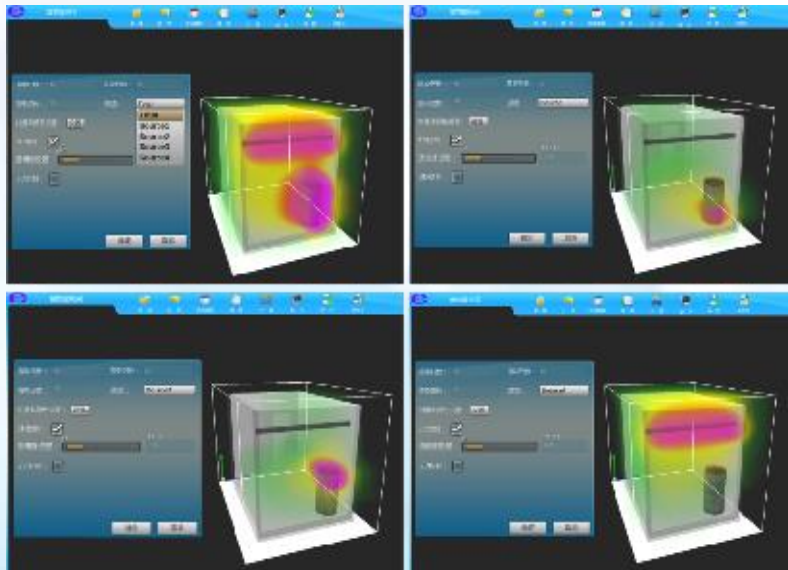
Система измерения параметров источника гамма-излучения с помощью детектора с ОЧГ

Тахеометр для измерения координат

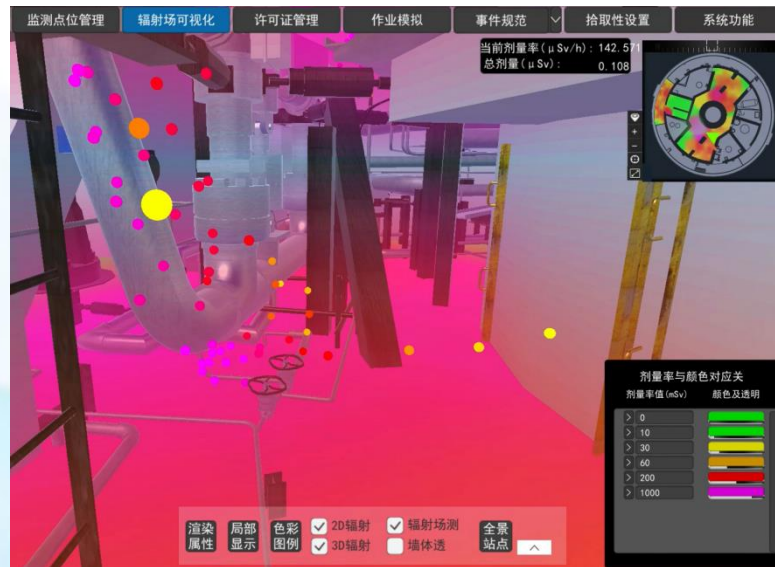


● **Трёхмерная реконструкция поля излучения**

- **Метод реконструкции:** алгоритм реконструкции источника излучения и усовершенствованная технология интеграции по принципу «точка-ядро».
- На модели устанавливается взаимосвязь между мощностью дозы и цветом, и интенсивность мощности дозы отображается с использованием цвета в полупрозрачном виде на пространственных сетках.



Модуль расчета радиационного поля



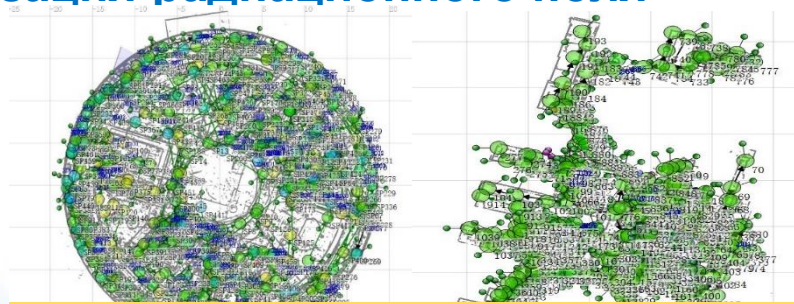
Модуль трёхмерной визуализации радиационного поля

● Применение: трехмерная визуализация радиационного поля

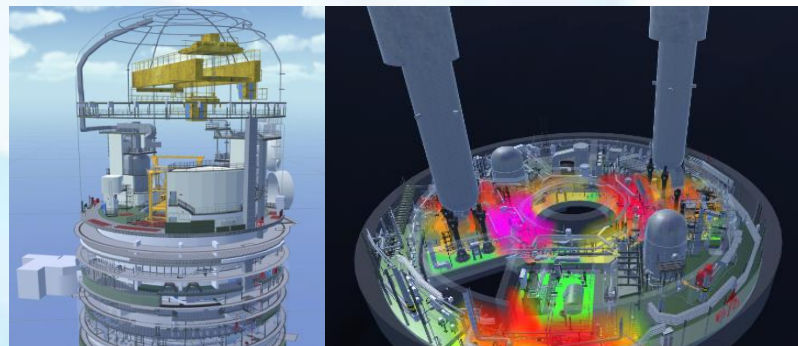
➤ CIRPDose применяется для 1-го блока 2-й фазы Чиньшенской АЭС (CNNC) с декабря 2020 года.

➤ Построена трехмерная виртуальная модель АЭС на основе трехмерного лазерного сканирования.

➤ Трехмерная визуализация поля излучения.



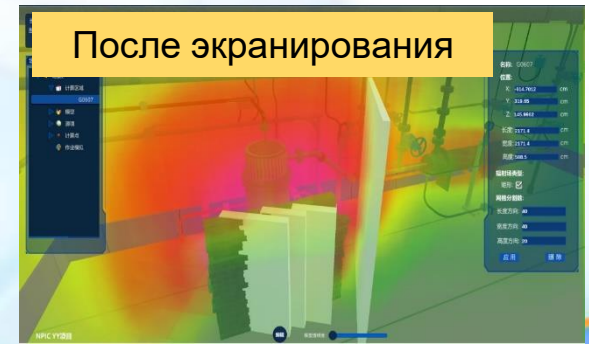
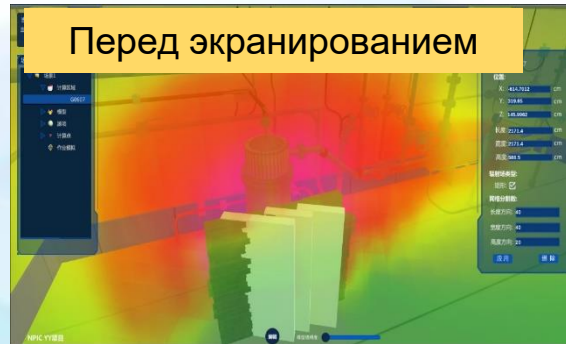
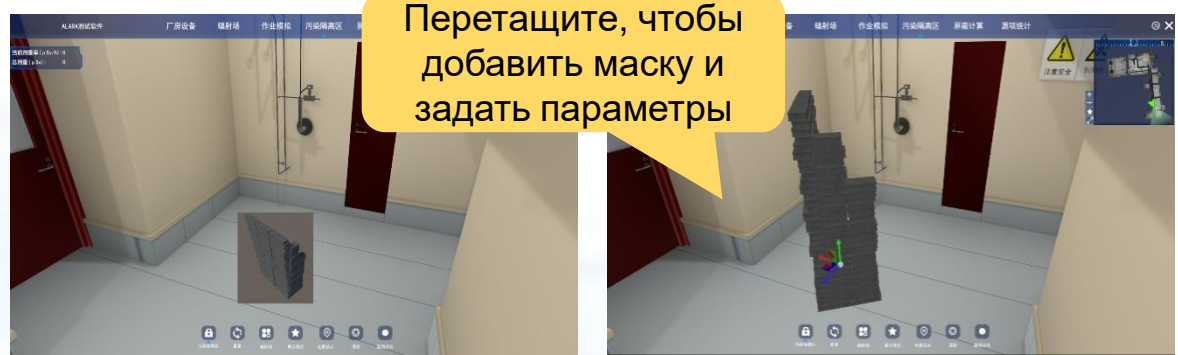
Более 1700 эффективных точек сканирования



1-й блок 2-фазы Чиньшенской АЭС (CNNC)

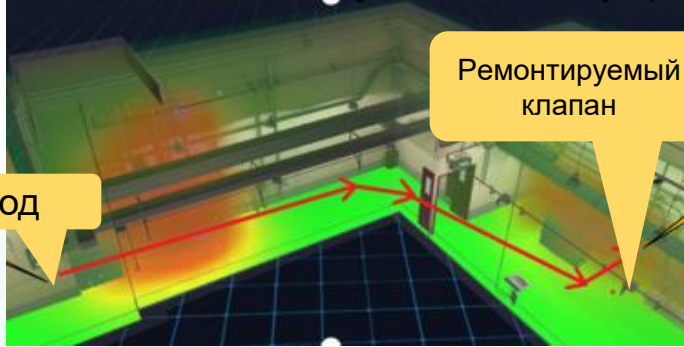
● Применение: моделирование рабочего плана и оценка доз облучения персонала

- Заранее подготовленные рабочие планы для типичных рабочих процессов, особенно для работ в условиях высокого риска радиационного облучения.
- Накопленная доза оценивалась по смоделированному полю излучения.
- Параметры экранирования, исключение путей и оптимизация рабочего плана.



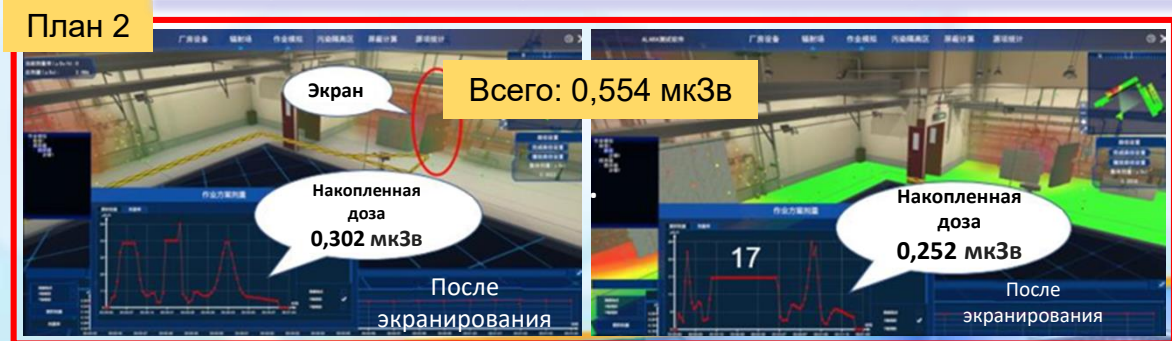
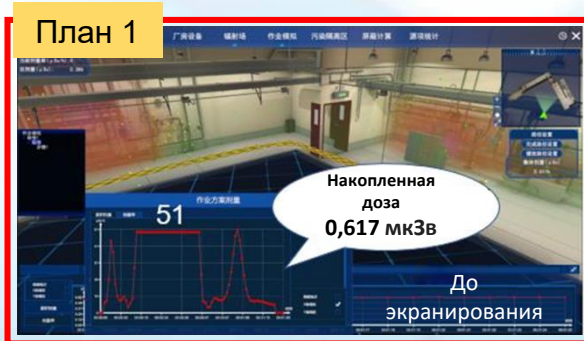
● **Применение: моделирование рабочего плана и оценка доз облучения персонала**

➤ Оценка дозы облучения для двух рабочих планов на случай ремонта клапана.



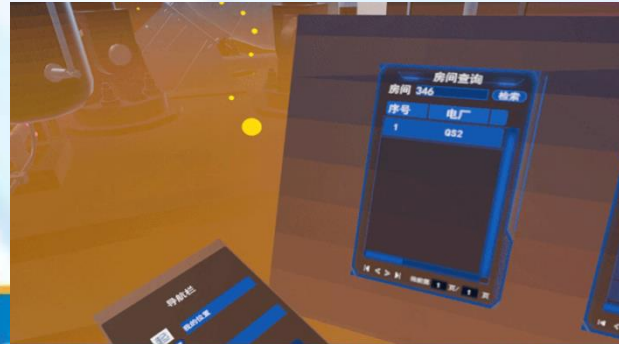
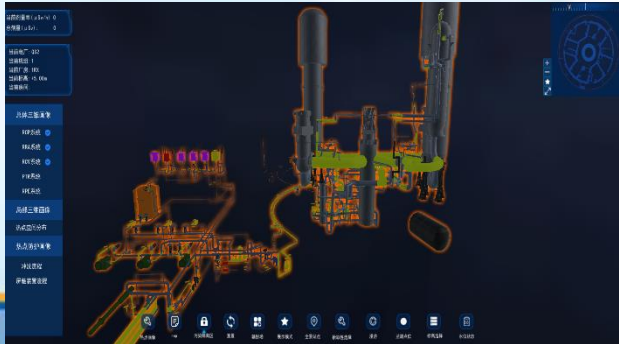
Сравнение		Персональная накопленная доза (мкЗв)	Коллективная доза (мкЗв)
План 1	Без экранирования	0,617	0,617
План 2	Установить экран	0,302	0,554
	Затем ремонт	0,252	

↓ 10,2%



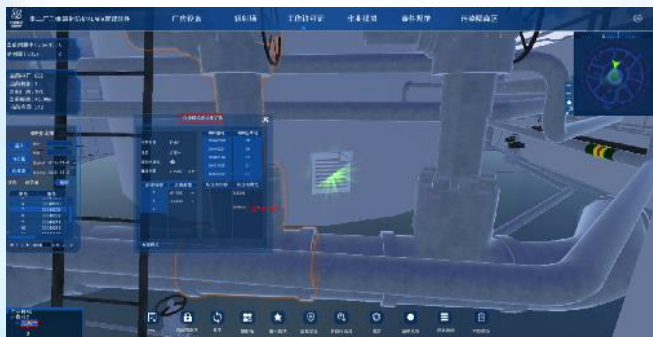
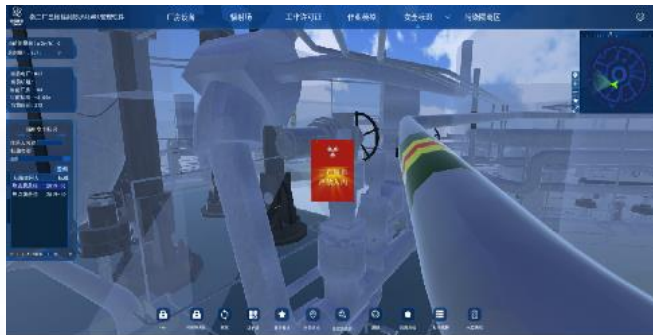
● **Применение: цифровое управление**

- Соотнесение информации об установке, оборудовании, радиационном поле, дозиметрическом наряде (RWP) и т.д.
- **Перемещение по виртуальной сцене и виртуальное обучение**



● **Применение: цифровое управление**

- **Управление знаками радиационной безопасности**
- **Назначений дозиметрических нарядов (RWP)**



辐射标牌信息属性	
借用人	赵工
借用日期	2018-10-11 09
悬挂区域	32ae5ec69de54
悬挂设备	QS21RPEKPV000
悬挂设备名称	[1RPE002BA
归还人	赵工
归还时间	2018-06-28 20
归还时的标牌状态	20
备注	无



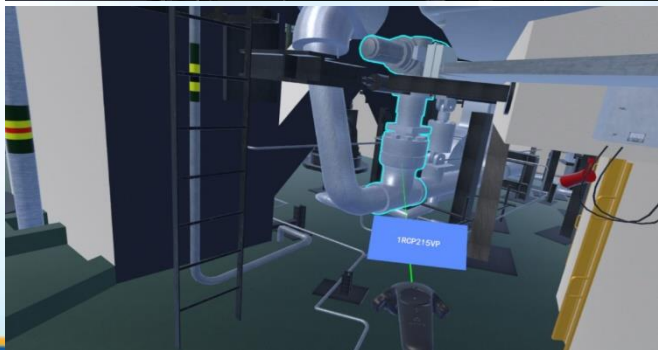
RWP分类统计		
状态	今日RWP	本周RWP
通用	0	0
待分配	0	0
待签发	0	0
待开工	0	0
进行中	0	0
未关闭	0	0
已关闭	0	0
已取消	0	0

RWP分类统计	Классификация и статистика RWP
状态	Состояние
今日RWP	RWP сегодня
本周RWP	RWP на этой неделе
通用	Универсальный
待签发	Ожидает выдачи
待开工	Ожидает начала работы
进行中	В процессе осуществления
未关闭	Не закрыто
已关闭	Закрыто
已取消	Отменено

辐射标牌信息属性	Информация и характеристики радиационного шильдика
借用人	Заёмщик
赵工	Чжао Гун
借用日期	Дата взятия в займы
悬挂区域	Зона подвески
悬挂设备	Подвесное оборудование
悬挂设备名称	Наименование подвесного оборудования
归还人	Вернул
赵工	Чжао Гун
归还时间	Время возврата
归还时的标牌状态	Состояние шильдика во время возврата
备注	Примечание
无	Отсутствует

● Применение: цифровое управление

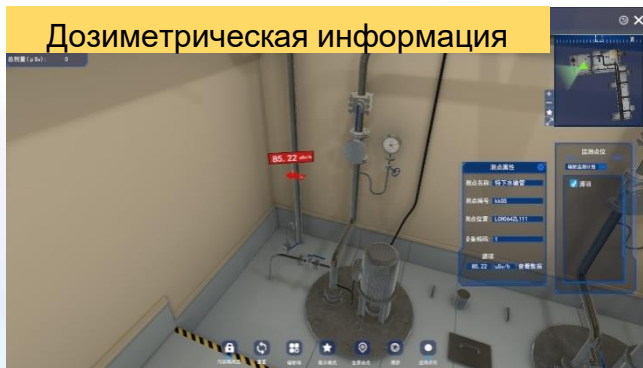
- Запрос, позиционирование и навигация по установкам и оборудованию (цифровое управление информацией об установках и оборудовании)



设备属性	Свойства оборудования
电厂	Электростанция
机组	Агрегат
系统	Система
设备类型	Тип оборудования
设备编码	Номер оборудования
部件类型	Тип детали
部件类型	Тип детали
部件编码	Номер детали
部件编码	Номер детали
设备名称	Наименование оборудования
RRA入口隔离阀	Входной запирающий клапан RRA
设备状态	Состояние оборудования
激活	Активация

● **Применение: цифровое управление**

➤ **Управление данными об источнике и радиационном поле**



● **Применение: цифровое управление**

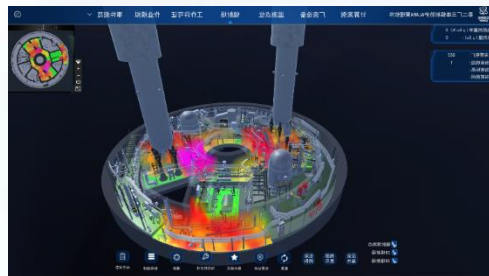
- **Построение базы данных радиационного контроля и автоматическое оповещение об аномалиях**



The screenshot displays the CIRPDose software interface. At the top, there are navigation tabs: "ALARA测试软件", "厂房设备", "辐射场", "实时监测", and "回放检测". The main area shows a 3D model of a facility with several detectors. A red circle highlights the detectors, with a yellow callout box containing the text "Звуковые и визуальные сигналы тревоги" (Audible and visual alarm signals). A red arrow points from this box to the detectors. In the bottom right, a yellow callout box contains the text "Отображение и запись данных мониторинга в режиме реального времени" (Real-time monitoring data display and recording), with a red arrow pointing to a data table on the screen.

CH	Value	Unit	Status
CH01	1	μSv/h	OK
CH02	1	μSv/h	OK
CH03	1	μSv/h	OK
CH04	9	μSv/h	OK

At the top right, a graph titled "剂量率(μSv/h)" and "γ监测仪信息" shows a line chart of radiation dose rate over time. The x-axis represents time from 2021-09-01 21:29:52 to 2021-09-01 21:29:52. The y-axis represents dose rate in μSv/h, ranging from 0 to 9. The graph shows a fluctuating line with data points. Below the graph, there are controls for "实时数据" (Real-time data), "探测器地址: 1" (Detector address: 1), "隐藏端点" (Hide endpoints), and "Y轴缩放" (Y-axis zoom).

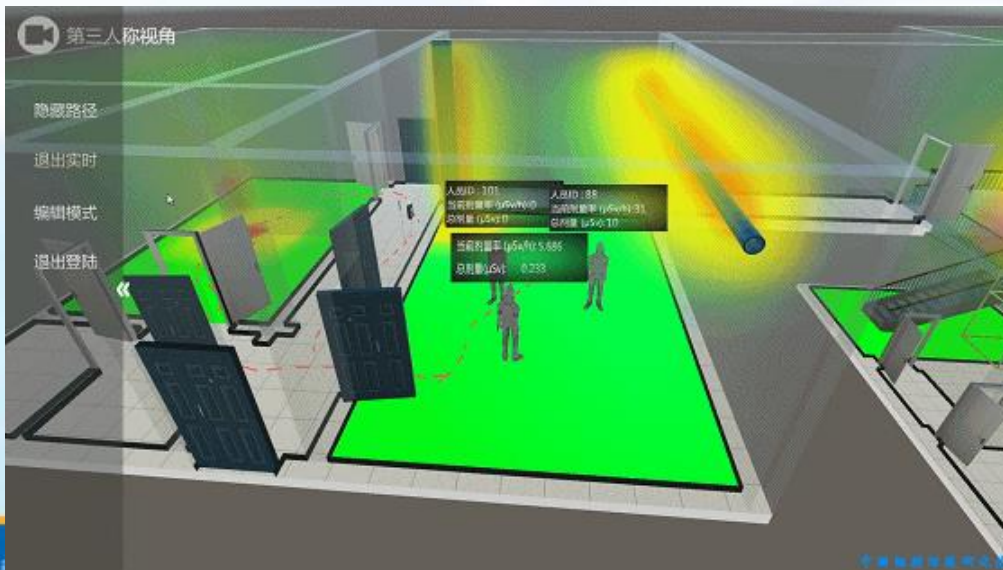


Инструменты и службы:

- Управление информацией
- Планирование работы
- Обучение в смешанной реальности
- Оценка и демонстрация безопасности
-



- Более удобная технология измерения радиационного поля.
 - Извлечение объемных данных мониторинга, собранных при эксплуатации и обслуживании ядерных установок.
 - Дистанционный персональный радиационный контроль.
- ✓ С помощью беспроводного внутреннего электронного дозиметра (WIL-EPD).
 - ✓ Контролируются положение, мощность локальной дозы и накопленная доза.





中国辐射防护研究院

中核集团
CNNC

CHINA INSTITUTE FOR RADIATION PROTECTION

Спасибо за внимание!

CNNC

China National Nuclear Corporation

