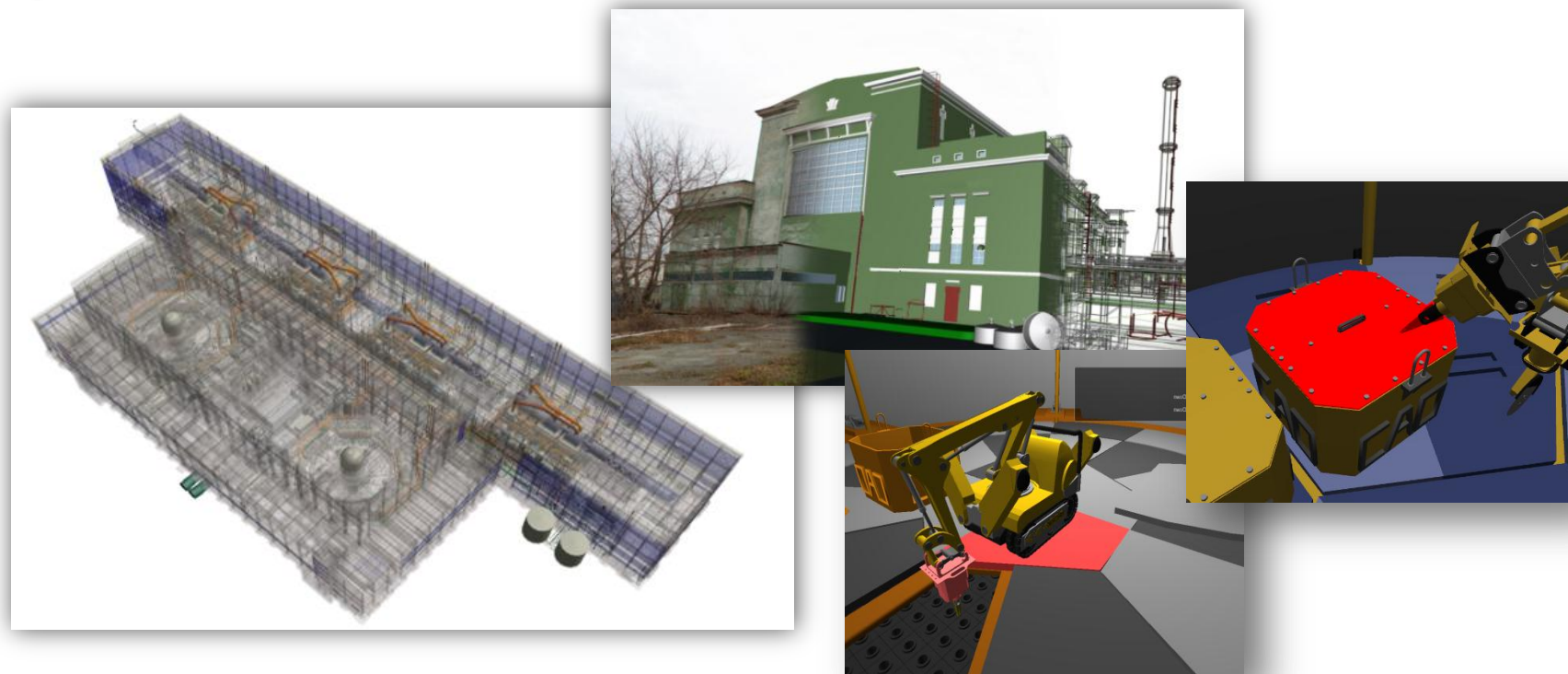




# Цифровые технологии вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов



**Кузьмичев Игорь Александрович**

**директор Дивизиона информационных систем АО «НЕОЛАНТ»**

**21.11.2017**

# Содержание презентации

1. Цифровая модель ОИАЭ для задач ВЭ на примере АЭС «Козлодуй» (слайды 3-47).
2. Имитационное моделирование для задач вывода из эксплуатации на примере Билибинской АЭС (слайды 48-57).
3. Программно-аппаратный комплекс Digital Decommissioning (слайды 58-80).



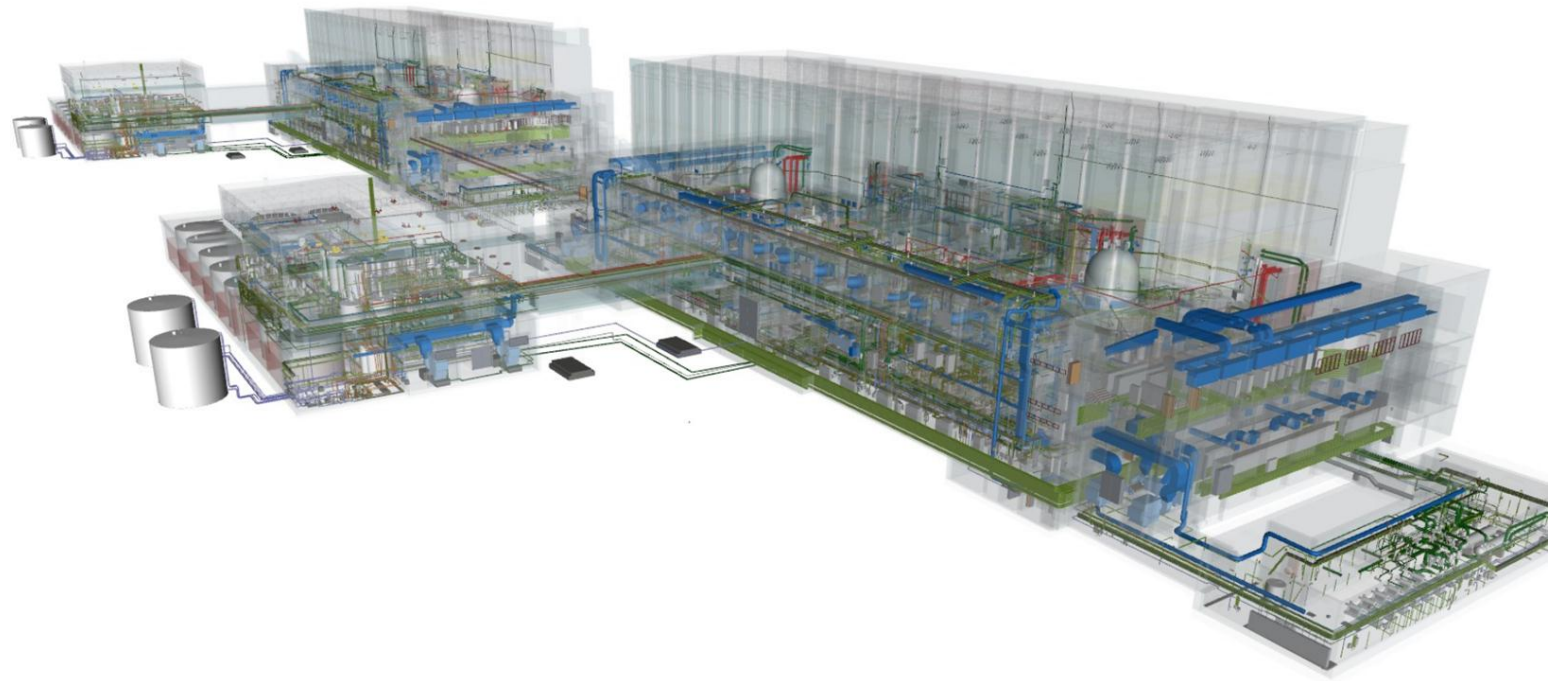
Инжиниринг, IT, инновации

**НЕОЛАНТ**

Мир. Страна. Регион. Город



# Цифровая модель ОИАЭ для задач ВЭ (на примере АЭС «Козлодуй»)



105062, Россия, Москва  
Покровка, 47 А  
Тел.: +7 (499) 999 0000  
E-mail: [info@neolant.ru](mailto:info@neolant.ru)  
[www.neolant.ru](http://www.neolant.ru)



- **Заказчик:** State Enterprise Radioactive Waste (ДП РАО) – Республика Болгария
- **Наименование работы:** Разработка проекта демонтажа оборудования в зоне контролируемого доступа 1-4 блоков АЭС «Козлодуй» – Проект 44
- **Краткое описание:** Российско-немецкий консорциум, в который входит группа компаний «НЕОЛАНТ», разрабатывает проект демонтажа оборудования 1-4 блоков АЭС «Козлодуй». Это первый проект по ВЭ в Европе с использованием технологии информационной поддержки стадии ВЭ блоков АЭС, которая повышает экономическую и техническую эффективность проекта.





# Этапы проекта


Пакет 1. Радиационное обследование 1 блока и спецкорпуса  
1-2 блока


Пакет 2. Разработка инженерно-радиационной 3D-модели (1-  
4 блок)


Пакет 3. Разработка ПД для демонтажа систем и  
оборудования спецкорпуса 1,2 блока


Пакет 4. Разработка ПД для демонтажа систем и  
оборудования второго контура 1 блока

Пакет 5. Разработка ПД демонтажа первого контура 1 блока

- Исполнитель – АО «НЕОЛАНТ» 
- Срок - 18/7/2016 - 18/3/2017
- **Выполнено ✓**

- Исполнитель – АО «НЕОЛАНТ» 
- Срок - 18/7/2016 - 18/7/2017
- **Выполнено ✓**

- Исполнитель – АО «НЕОЛАНТ» 
- Срок - 18/3/2017 - 18/7/2018
- **В процессе выполнения**

- Исполнитель – АО «НЕОЛАНТ» 
- Срок - 18/3/2017 - 18/1/2019
- **В процессе выполнения**

- Исполнитель – NUKEM Technologies GmbH - EWN GmbH 
- Срок - 18/3/2017 - 18/5/2019
- **В процессе выполнения**



# Этапы проекта

## В рамках первого пакета выполнено (для более 150 помещений):

- Дозиметрическое обследование всех помещений спецкорпуса 1 и реакторного отделения 1 блока
- Спектрометрическое обследование всех помещений спецкорпуса 1 и реакторного отделения 1 блока для уточнения существующего радионуклидного вектора
- Снятие мазков с поверхности оборудования в помещениях спецкорпуса 1 и реакторного отделения 1 блока
- Проведение гамма-сканирования во всех помещениях спецкорпуса 1 и реакторного здания 1 блока

## В рамках второго пакета выполнено:

- Лазерное сканирование всех помещений спецкорпуса 1-2 и реакторных отделений 1-4 блоков (**более 600 помещений**)
- Оцифровано **более 40 тыс. ед.** проектно-конструкторской документации
- Создана исполнительная модель спецкорпуса 1-2 и реакторных отделений 1-4 блоков (**модель содержит более 0.5 млн. элементов**)



# Обоснование применения исполнительно-инженерно-радиационной модели

Применение инженерно-радиационной модели в разработке Проекта ВЭ 1-4 блоков АЭС «Козлодуй» обеспечивает:

- Получение **достоверных оценок объёмов** образования РАО
- Систематизацию всей инженерно-технической информации, необходимой и порождаемой на **стадии ВЭ с учетом ее длительности и сменяемости персонала**
- Получение **актуальной исполнительно-радиационной документации**
- **Оптимизацию и верификацию** разрабатываемых проектно-технологических решений
- Подготовку демонстрационных материалов **для представления экспертизе**
- Информационное пространство для будущей координации, планирования и управления **подрядными организациями** при проведении практических работ по ВЭ
- **Обучение персонала** подрядных организаций
- **Актуальные данные** при проектировании размещения на блоках 1-4 комплексов по переработке РАО





# Исполнительная съемка. Лазерное сканирование 1-4 блока

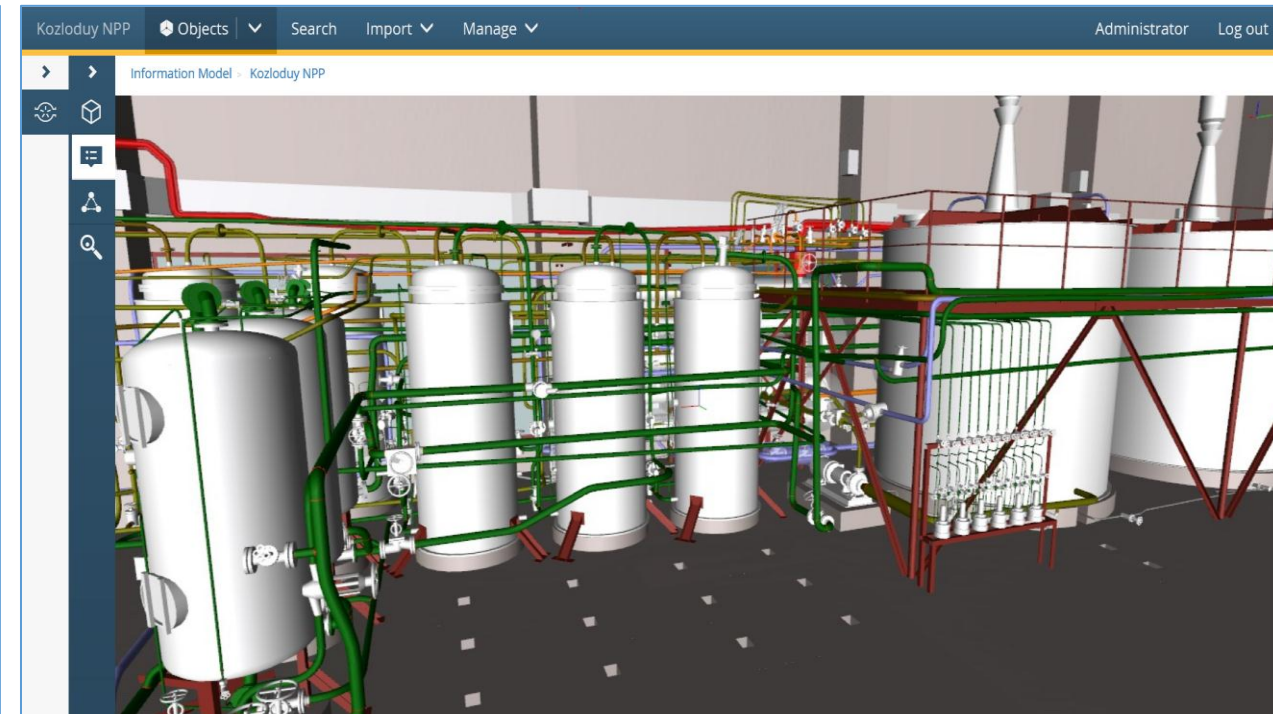




# Исполнительная съемка. Лазерное сканирование 1-4 блока

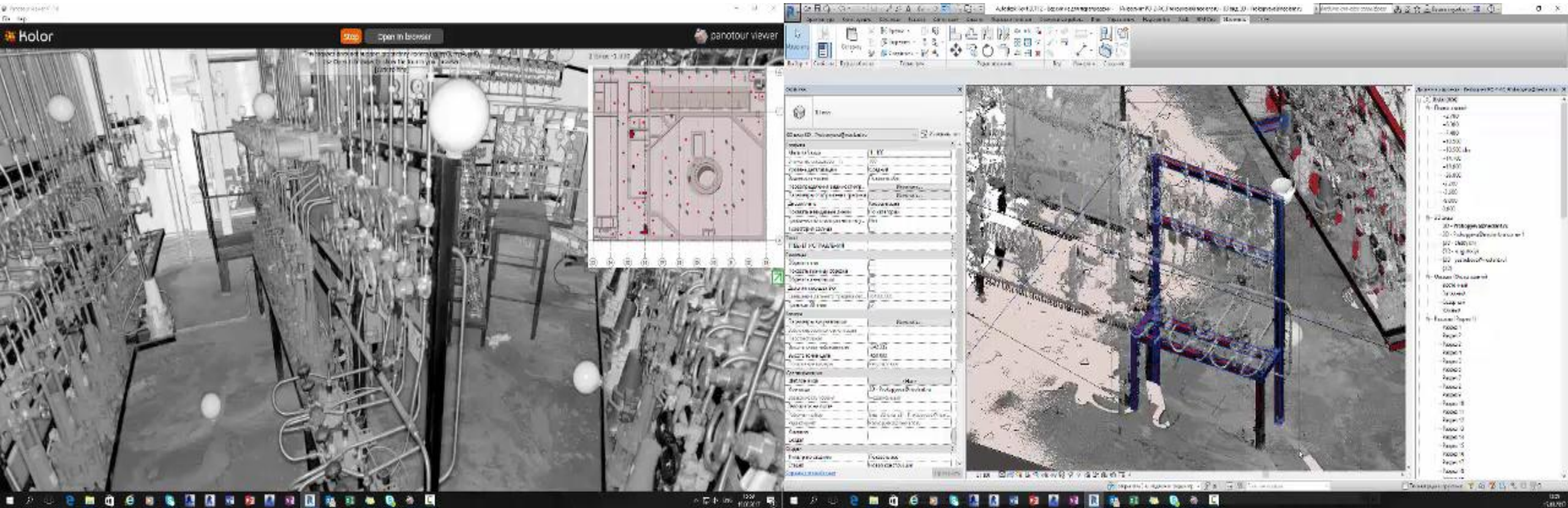
➤ Облако точек снято для более 600 помещений

➤ Исполнительная 3D модель





# Создание исполнительской модели. Архитектурно-строительная часть





Объекты отсечения

3D  Облака  Гранцы

Новый

Файлы и группы Подключения к БД РРЭС

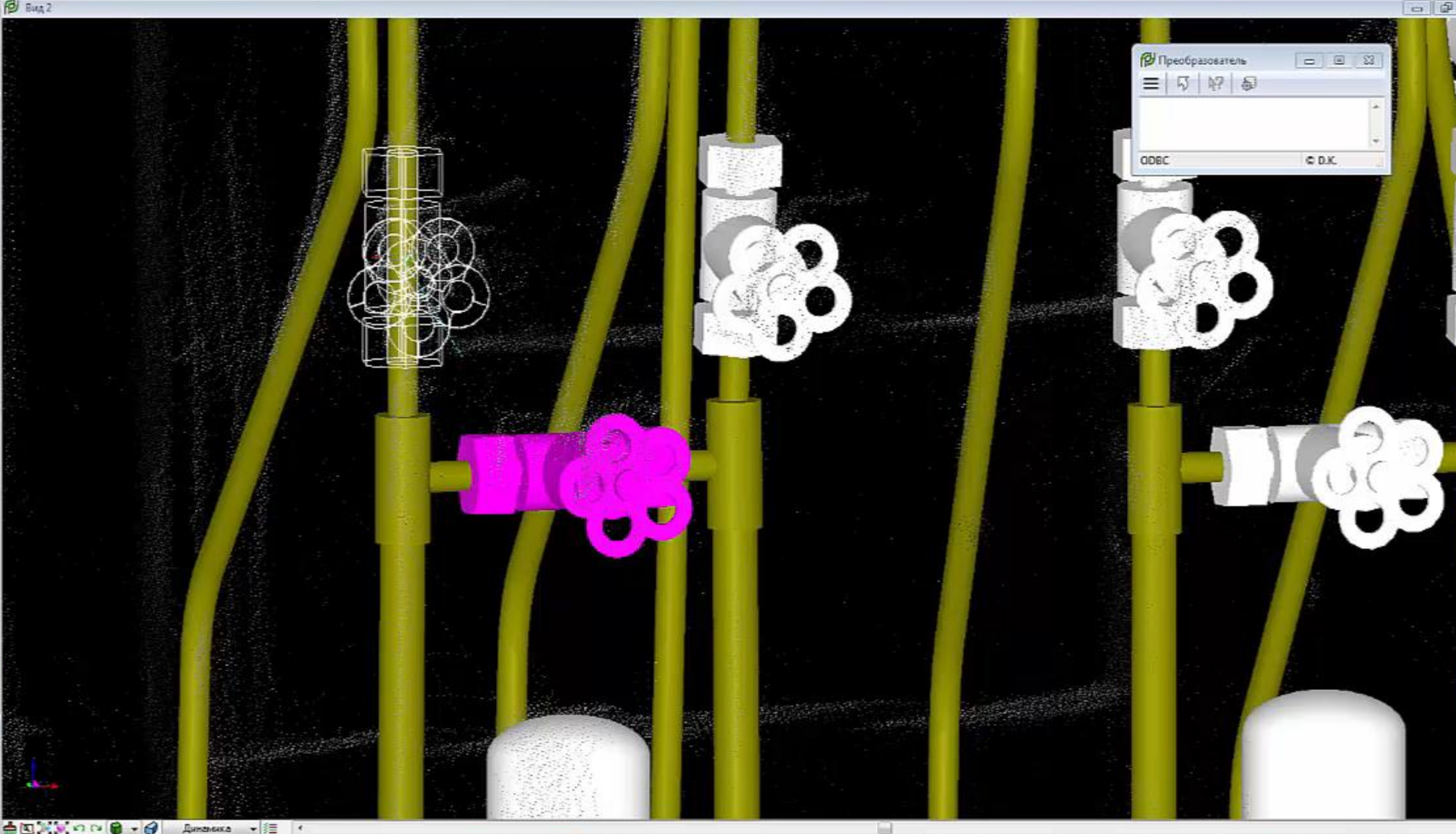
Атрибут	Значение
<b>Категория</b>	<b>Арматура</b>
Номер по СПДС	
Здание	Аппаратное отдег
Помещение	Помещение контр
Номер помещения	A004/2
Группа систем	#
Система	#
Подсистема	#
Класс среды	Неизвестен
Тип среды	Неизвестен
Номер линии	
Номер по техн. системе	
Номер комплекта	
Температура рабочая, гр	
Давление рабочая, МПа	
Вид испытания	#
Теплоизоляция	#
Толщина теплоизоляции	0
Завод-изготовитель	#
Статус	Лазерное сканиро
Чертёж	
Чертёж 2	
Чертёж 3	
Чертёж 4	
Чертёж 5	
Автор	Панчева
Класс	Клапан
Обозначение док.	A3C Козлодуй
Способ управления	Маховик
Условный диаметр	8

Динамический фильтр РРЭС Конструктор

Параметры операции

Ограниченное перемещение

Поворот элемента интерактивно



# Исполнительная 3D модель 1-4 блока

Neosyntez

Objects ▾

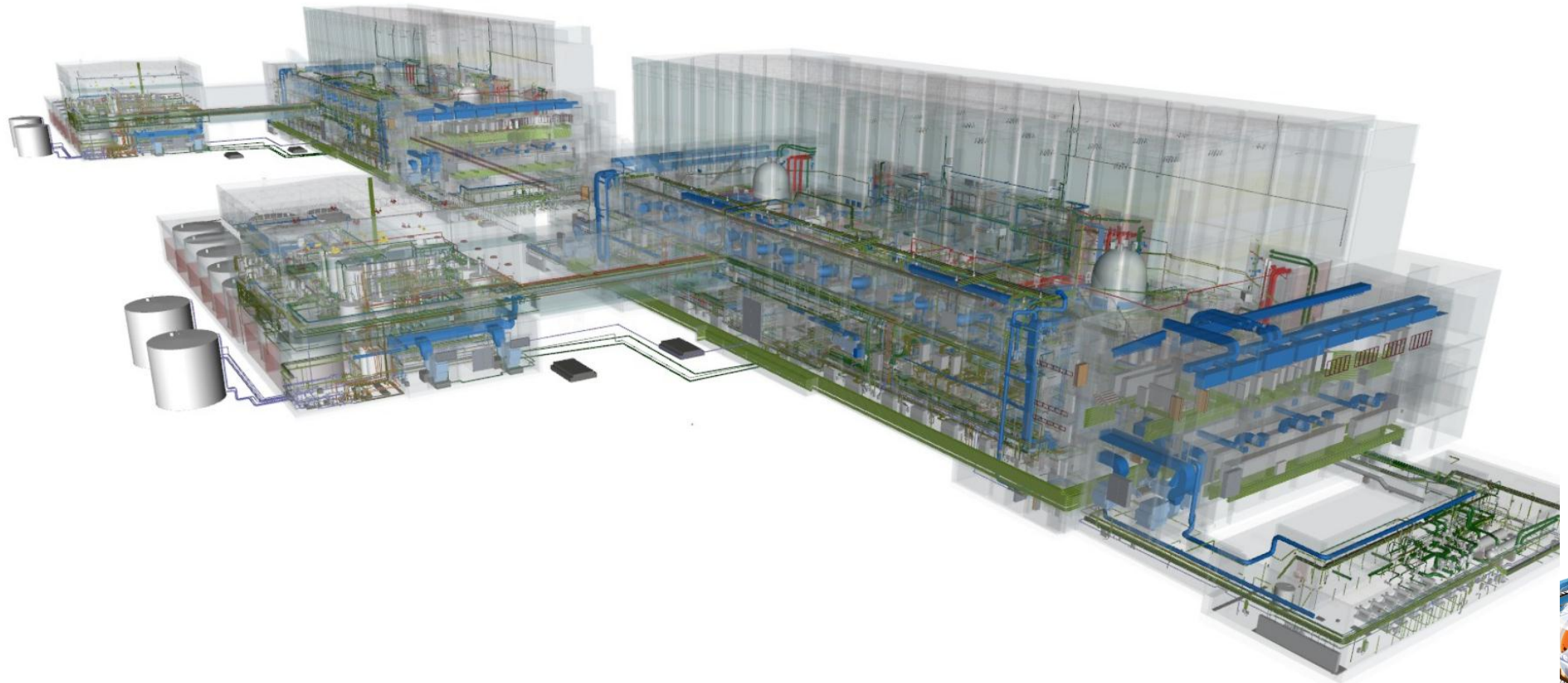
Search

Import ▾

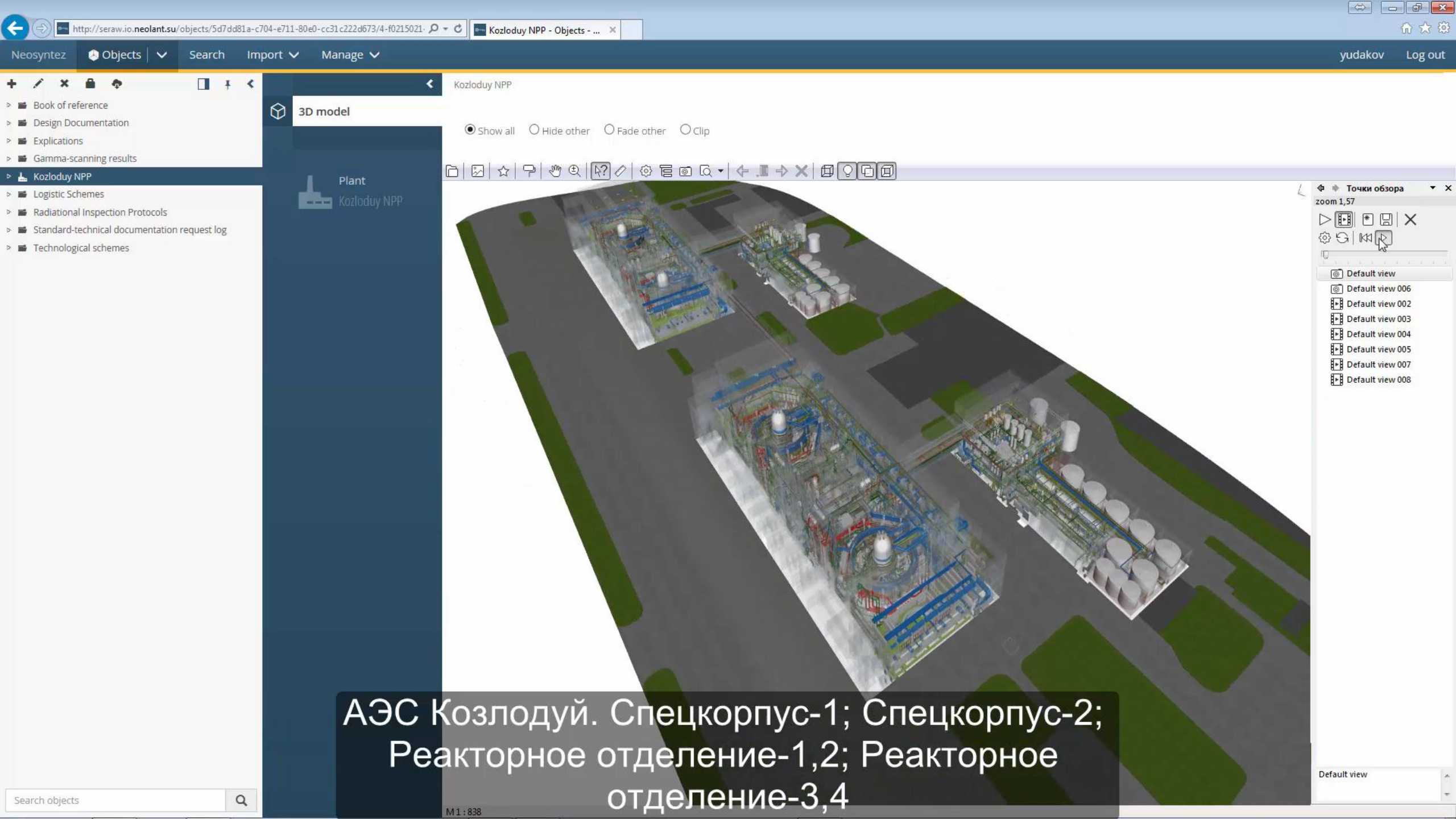
Manage ▾

Administrator

Log out









# Исполнительная съемка. Сферические фотопанорамы

Neosyntez

360° Photos

Search

Import

Manage

Administrator

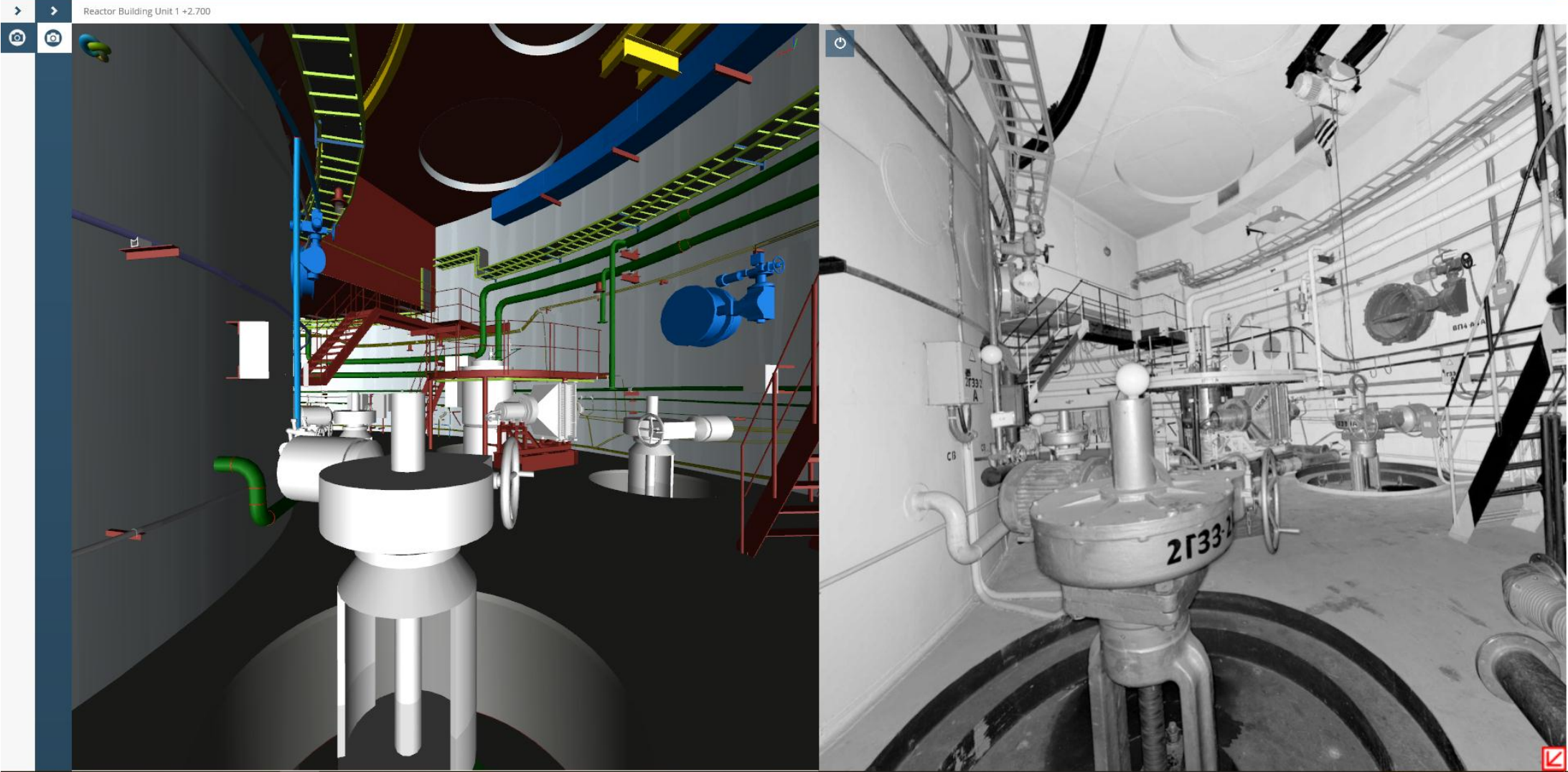
Log out

Reactor Building Unit 1 -1.800



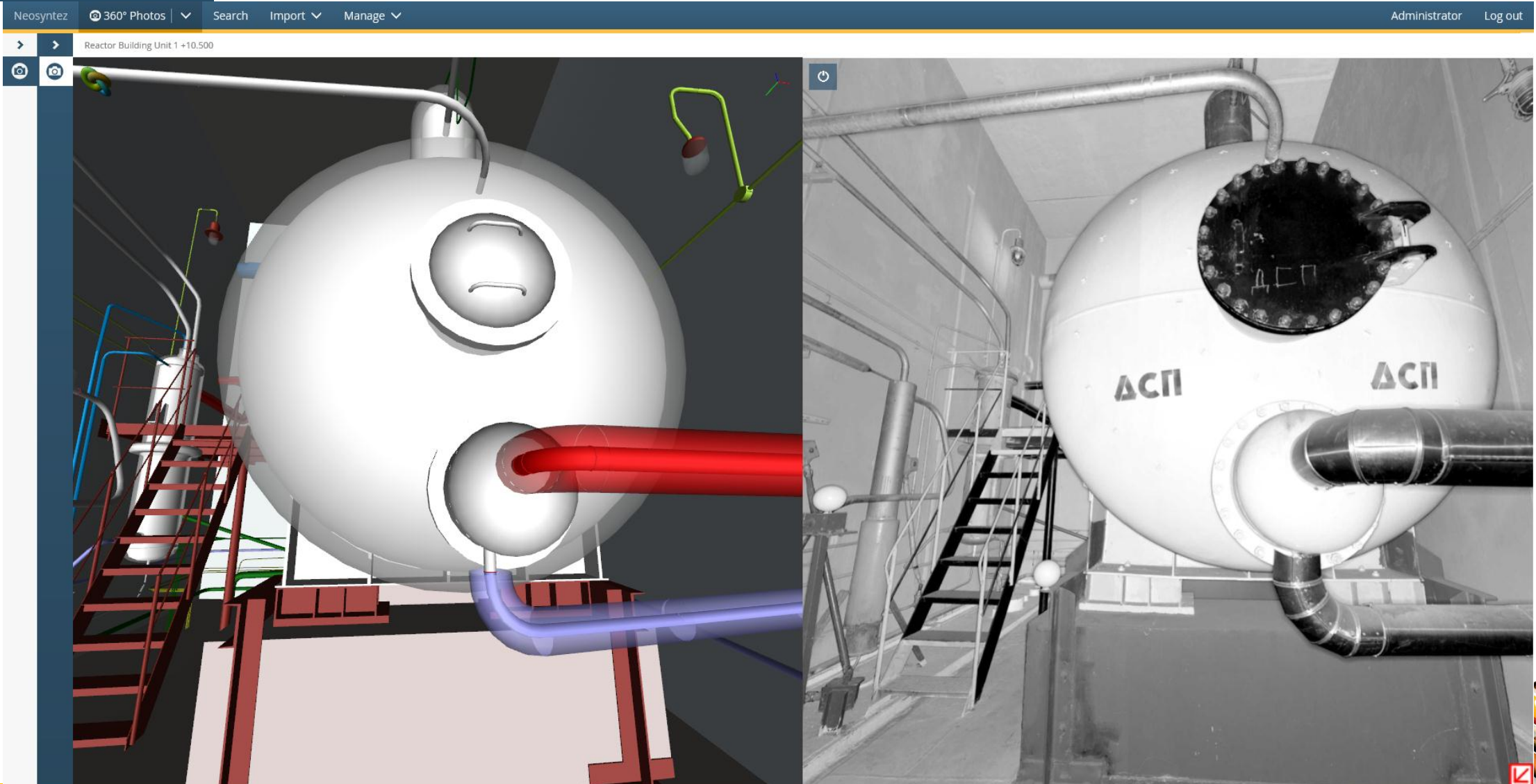


# Исполнительная съемка. Сферические панорамы + 3D





# Исполнительная съемка. Сферические панорамы + 3D







# Систематизация информации. Оцифровка ПКД



# Систематизация информации. Электронный архив документации

- Общее количество отсканированных чертежей по технологической части: более **23 тыс. ед.**
  - I очередь – **10051** чертежей
  - II очередь – **13072** чертежей
- Общее количество отсканированных чертежей по архитектурно-строительной части: более **15 тыс. ед.**
- Общее количество отсканированной ПКД: более **40 тыс. ед.**



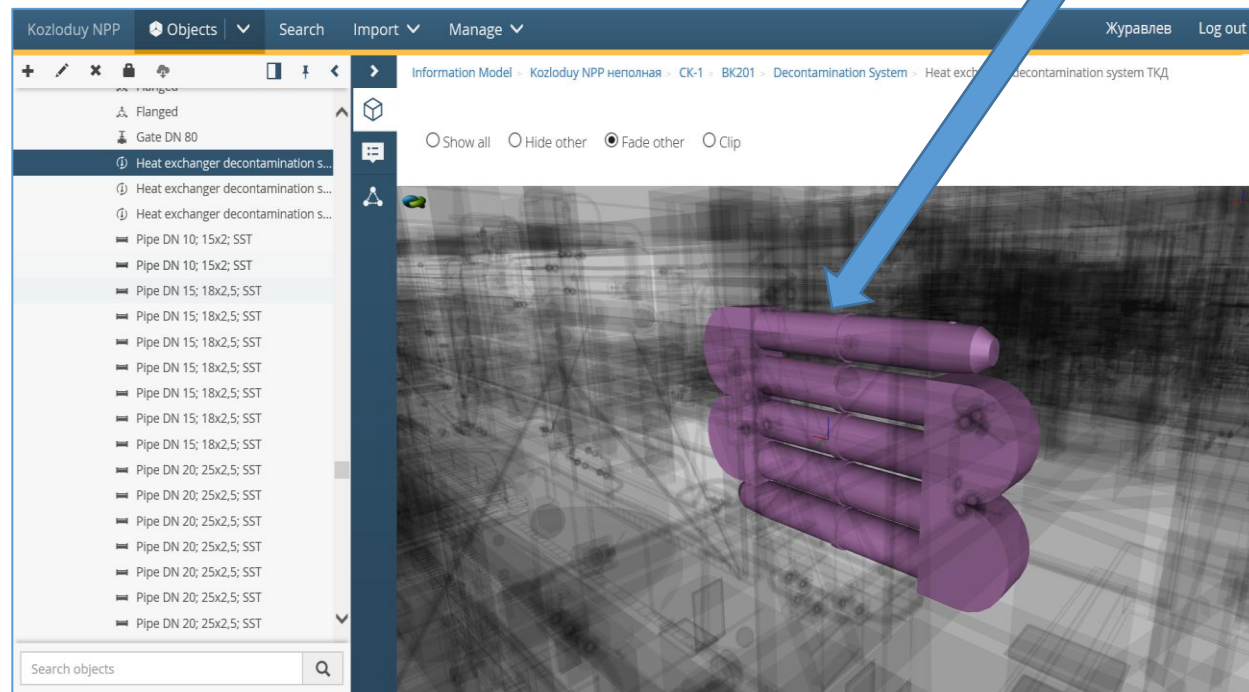




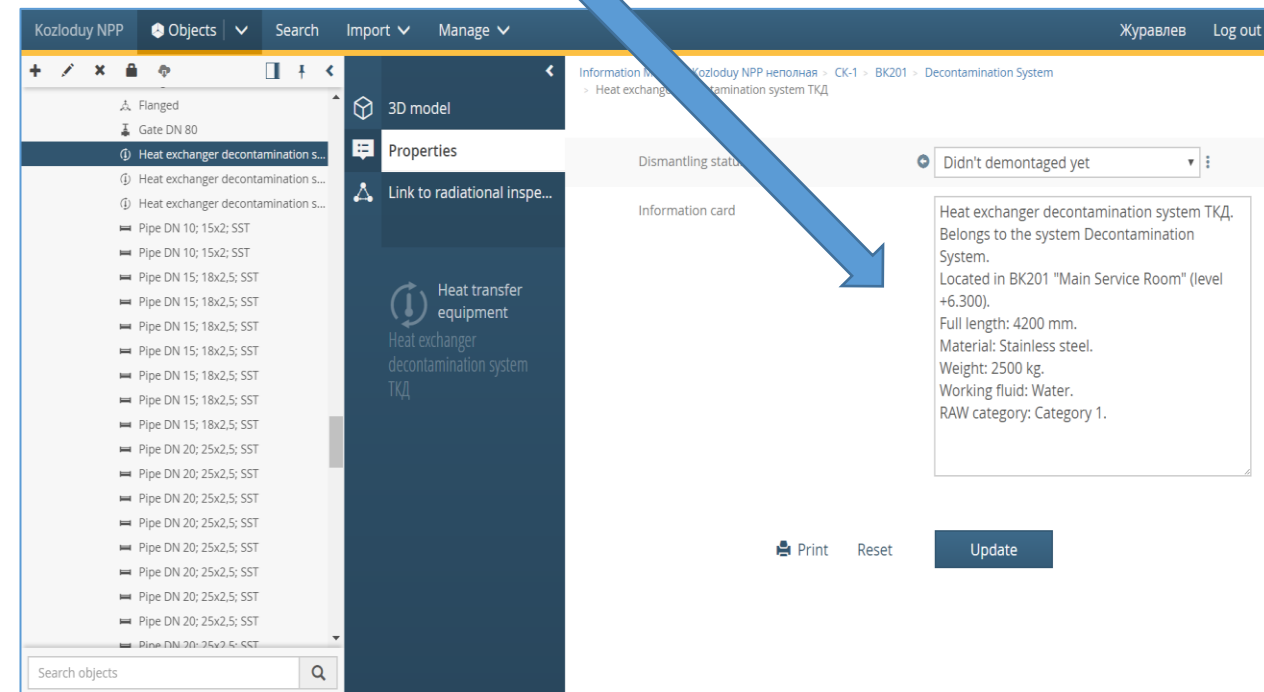


# Систематизация информации. Свойства объектов

## ➤ Визуальное представление элемента блока



## ➤ Свойства элемента







# Информационные выборки по помещениям

Узел  
 помещения  
 в дереве  
 объектов

The screenshot displays a software interface for managing information models. On the left, a tree view shows a hierarchy of objects, with 'BK201' selected. The main area features a 3D perspective view of a complex industrial structure with a red steel frame, white storage tanks, and various piping systems. On the right, a window titled 'Отчет' (Report) displays a table of equipment specifications for 'Приборы поточные' (Flow meters).

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Прибор поточный Ду 100 Ру МПа.				1 шт.	18.5 кг
Прибор поточный Ду 50 Ру МПа.				2 шт.	13.8 кг
Прибор поточный Ду 50 Ру МПа.		ДВС		1 шт.	-
Прибор поточный Ду 15 Ру МПа.				1 шт.	1.6 кг
Прибор поточный Ду 8 Ру МПа.				5 шт.	60.0 кг
Прибор поточный Ду 8 Ру МПа.		Manometer		17 шт.	28.4 кг

Below this table, there are sections for 'Регуляторы' (Regulators) and 'Трубы' (Pipes), each with their own respective tables of specifications.

Спецификация  
 оборудования в  
 помещениях



# Информационные выборки по помещениям

Kozloduy NPP Objects Search Import Manage Administrator Log out

Information Model > Kozloduy NPP 15-07-2017 реструктурированная > Auxiliary Building 1 > BK211

Show all Hide other Fade other Clip



Отчет  
zoom 38.05

**Клапаны**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Stop Valve DN 50 Py МПа. Remote transmission			Stop valve	1 шт.	60.0 кг
Stop Valve DN 25 Py МПа. Handwheel			Stop valve	1 шт.	50.0 кг
Stop Valve DN 25 Py МПа. Remote transmission			Stop valve	3 шт.	120.0 кг
Stop Valve DN 20 Py МПа. Remote transmission			Stop valve	5 шт.	200.0 кг

**Клапаны обратные**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Check valve Ду 32 Py МПа.	Check valve			1 шт.	9.5 кг

**Приборы поточные**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Прибор поточный Ду 50 Py МПа.			Ultrasonic flowmeter	1 шт.	30.0 кг

**Трубы**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Труба DN 80, 89x3.500, материал SST				15.0 м	110.5 кг
Труба DN 70, 76x4, материал SST				1.0 м	7.1 кг
Труба DN 50, 57x3.500, материал SST				16.8 м	77.5 кг
Труба DN 32, 38x3.500, материал SST				15.8 м	47.3 кг

<http://seraw.io.neolant.su/> 2751 K

Спецификация  
 оборудования в  
 помещениях





# Информационные выборки по элементам систем

Узлы элементов в дереве объектов

Спецификация элементов систем

The screenshot displays a software interface for managing an information model. On the left, a tree view lists various components of the 'WPS-5, Steam Generator Blowdown System'. The central area shows a 3D CAD model of the system. On the right, a 'Report' window is open, showing a detailed specification table for 'Elbow' components.

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Elbow				15 шт.	-

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Filters				10 шт.	-

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Gate valve Ду 100 Ру МПа. Electric drive	30с964нж			4 шт.	400,0 кг
Gate valve Ду 80 Ру МПа. Electric drive	Gate			1 шт.	33,9 кг
Gate valve Ду 80 Ру МПа. Handwheel	31ч6бр			2 шт.	56,0 кг

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код	Завод-изготовитель	Количество	Масса
Stop Valve DN 80 Ру МПа. Electric drive			Stop valve	1 шт.	50,0 кг
Stop Valve DN 80 Ру МПа. Handwheel			Stop valve	15 шт.	456,0 кг
Stop Valve DN 80 Ру МПа. Reducer conical			Stop valve	3 шт.	96,0 кг
Stop Valve DN 50 Ру МПа. Handwgnp			Stop valve	3 шт.	38,0 кг
Stop Valve DN 50 Ру МПа. Handwheel			15нж656к	12 шт.	180,0 кг
Stop Valve DN 50 Ру МПа. Handwheel			Stop valve	26 шт.	470,5 кг
Stop Valve DN 50 Ру МПа. Remote transmission			Stop valve	1 шт.	20,0 кг
Stop Valve DN 20 Ру МПа. Handwheel			Stop valve	3 шт.	7,2 кг
Stop Valve DN 15 Ру МПа.			Stop	2 шт.	8,4 кг



# Систематизация информации. Интерактивные экспликации отметок

Neosyntez Objects Search Import Manage Administrator Log out

Explications > Explication. Reactor Building 1 +10.500

Show all  Hide other  Fade other  Clip

Book of reference  
Design Documentation  
Explications  
Explication. Auxiliary Building 1 +2.700  
Explication. Auxiliary Building 1 +6.300  
Explication. Auxiliary Building 1 -2.000  
Explication. Reactor Building 1 +2.700  
Explication. Reactor Building 1 +6.300  
Explication. Reactor Building 1 +10.500  
Explication. Reactor Building 1 +12.500  
Explication. Reactor Building 1 +14.700  
Explication. Reactor Building 1 0.000  
Explication. Reactor Building 1 -2.000  
Explication. Reactor Building 1 -7.200  
Gamma-scanning results  
Information model  
Logistic Schemes  
Radiational Inspection Protocols  
Standard-technical documentation request log  
Technological schemes

<http://seraw.io.neolant.su/>









# Радиационное обследование. Точки измерений МЭД

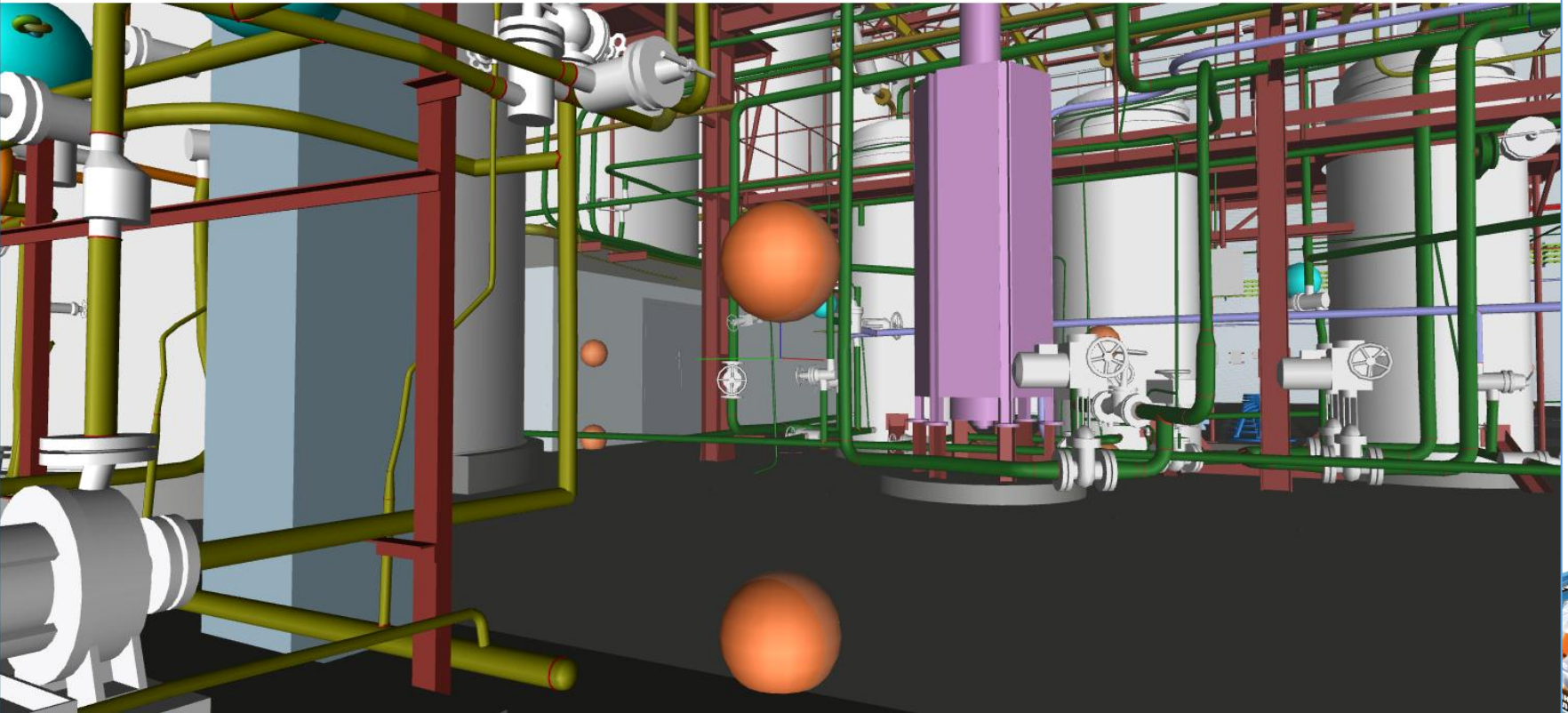
Kozloduy NPP   Objects | Search   Import   Manage   Administrator   Log out

Information Model > Kozloduy NPP 15-07-2017 реструктурированная 2 > Auxiliary Building 1 > Radiational Inspection Points > Radiation inspection rooms > +10.500 > BK201 > Radiaton inspection point

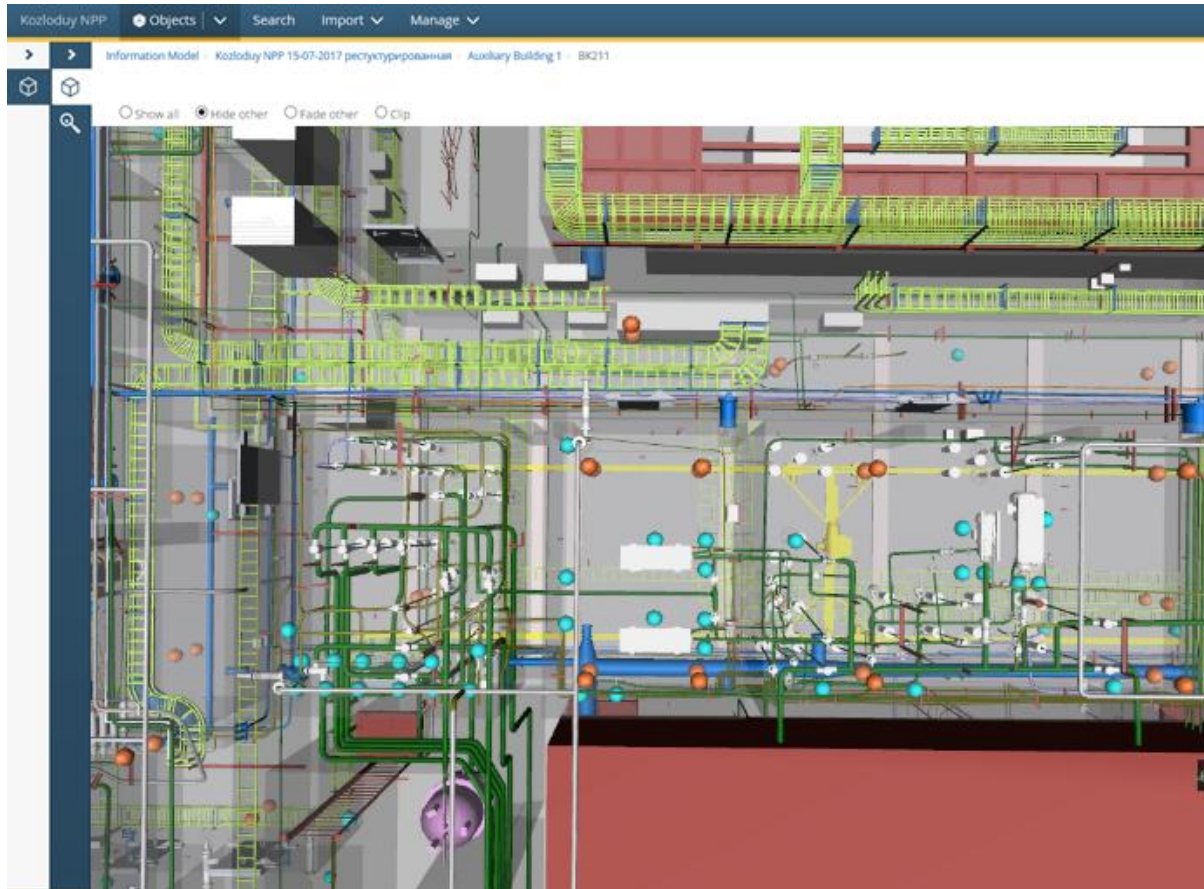
Show all    Hide other    Fade other    Clip

3D model  
Properties  
Link to radiational inspe...  
3D model analysis

Radiaton inspection point  
Radiaton inspection point



# Радиационное обследование 1 блока и спецкорпуса 1,2 блока

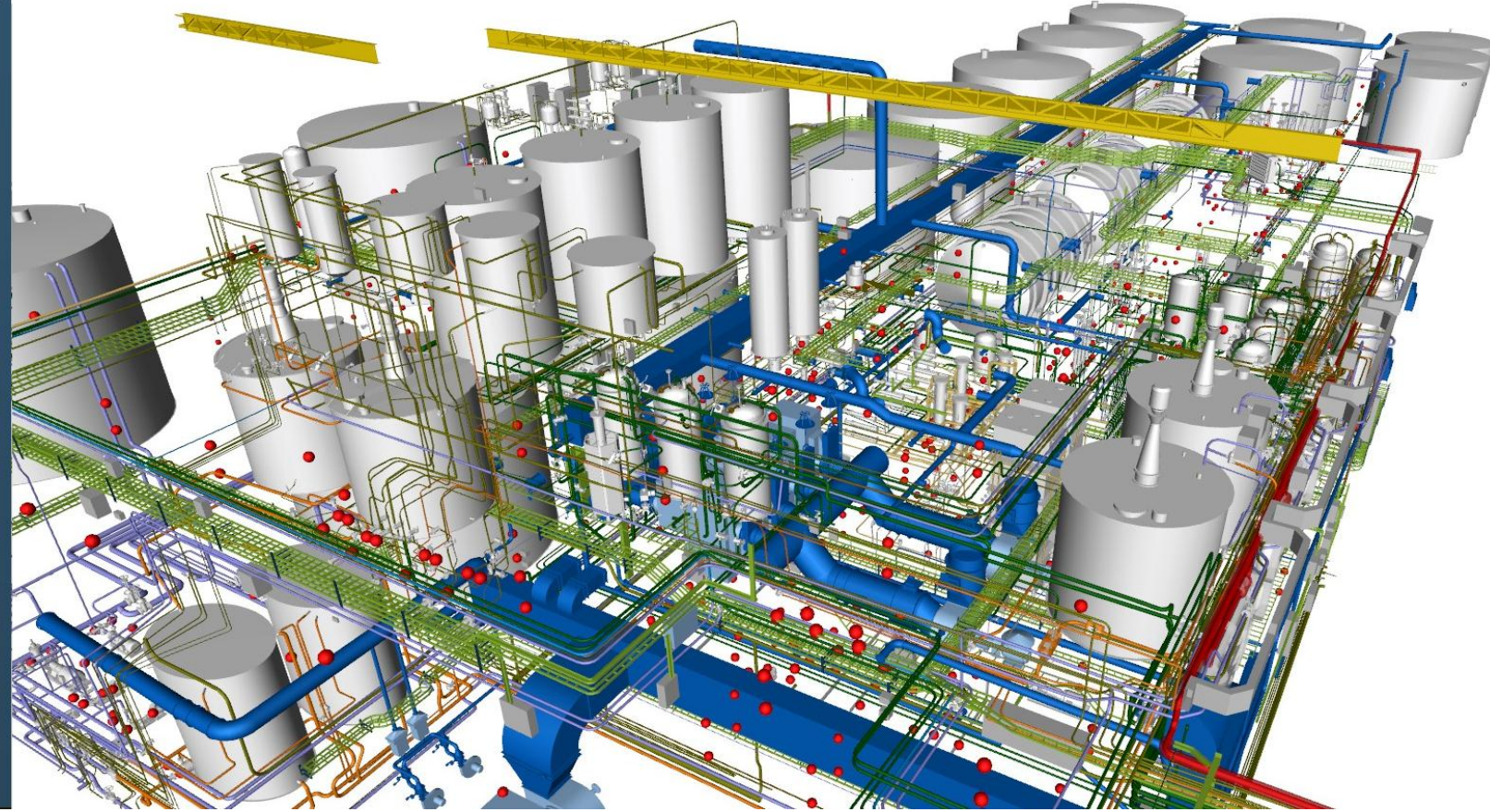




# Радиационное обследование 1 блока и спецкорпуса 1,2 блока



Show all Hide other Fade other Clip



➤ Красные точки – места измерений МЭД и мазков



# Радиационное обследование. Протоколы обследования помещений

Kozloduy NPP   Objects   Search   Import   Manage   Журавлев   Log out

Radiational Inspection Protocols > A004-1

Table 2. Radiation parameter readings near the equipment

№ точки изм. на схеме	МАД на		Плотность потока бета- частиц на поверхности пола, см <sup>-2</sup> мин <sup>-1</sup>
	поверхности, мкЗв/ч	расстоянии 0,1 м от поверхности, мкЗв/ч	
1	4,4±0,5	4,2±0,5	280±40
2	4,2±0,5	4,1±0,5	270±40
3	4,3±0,5	4,4±0,5	270±40
4	4,1±0,5	4,3±0,5	151±23
5	6,6±0,7	6,3±0,7	240±30
6	6,1±0,7	6,6±0,7	640±70
7	7,2±0,7	6,9±0,7	490±60
8	6,5±0,7	6,5±0,7	450±60
9	11,7±1,2	10,6±1,1	690±80
10	4,9±0,6	4,8±0,6	460±60

Search objects

PAGE 2 OF 3   100%

# Радиационное обследование. Радиационные атрибуты элементов помещений

Kozloduy NPP   Objects   Search   Import   Manage   Administrator   Log out

Information Model > Kozloduy NPP 15-07-2017 реструктурированная 2 > Auxiliary Building 1 > Radiational Inspection Points > Radiation inspection rooms > +10.500 > BK201 > Radiaton inspection point

Building	Auxiliary Building 1
Dismantling status	Didn't demontaged yet
Dose rate, $\mu\text{Sv/h}$	0.48
Dose rate (inaccuracy), $\mu\text{Sv/h}$	0.09
FLUX of $\beta$ -particles, $1/(\text{sm}^2\cdot\text{min})$	190
FLUX of $\beta$ -particles (inaccuracy), $\mu\text{Sv/h}$	40
Level	+10.500
Name	5.1
Room	BK201
X coordinate	114047.6875
Y coordinate	90147.9375

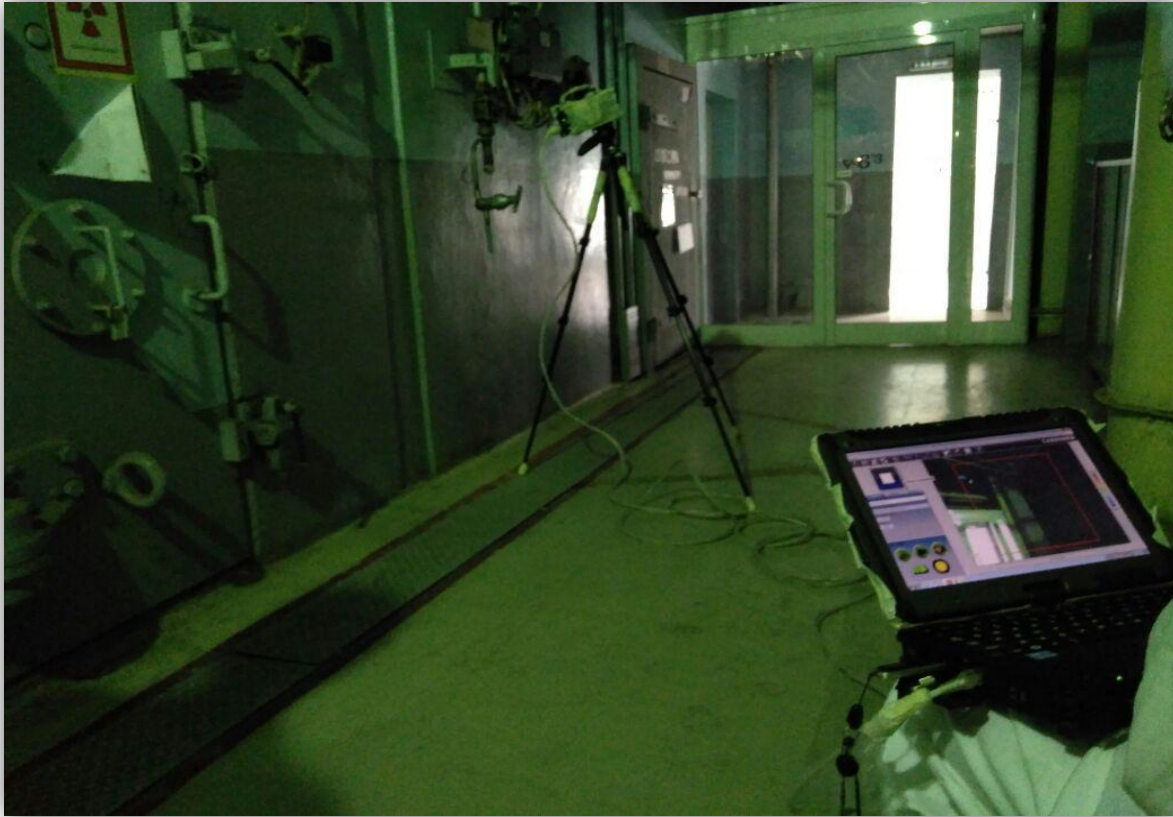
<http://seraw.io.neolant.su/>







# Гамма-сканирование. Проведение практических работ



# Гамма-сканирование. Карты точек съемки

Neosyntez Objects Search Import Manage Administrator Log out

Gamma-scanning results > Rooms explications. Reactor Building 12 > A016-1

Design Documentation  
Explications  
Gamma-scanning results  
Rooms explications. Auxiliary Building 1  
Rooms explications. Reactor Building 12  
A001-1  
A002-1 (+0,5)  
A002-1 (-2,0)  
A003-1  
A004-1  
A004-2  
A006-1  
A009-1  
A010-1  
A011-1  
A012-1  
A013-1  
A015-1  
**A016-1**  
A017-1  
A019  
A021-1  
A021-2  
A022  
A023-1 (+2,7)  
A023-1 (+4,0)  
A023-2 (+2,7)  
A023-2 (+4,0)  
A028  
A101-1 (+4,5)

Show all Hide other Fade other Clip

http://seraw.io.neolant.su/

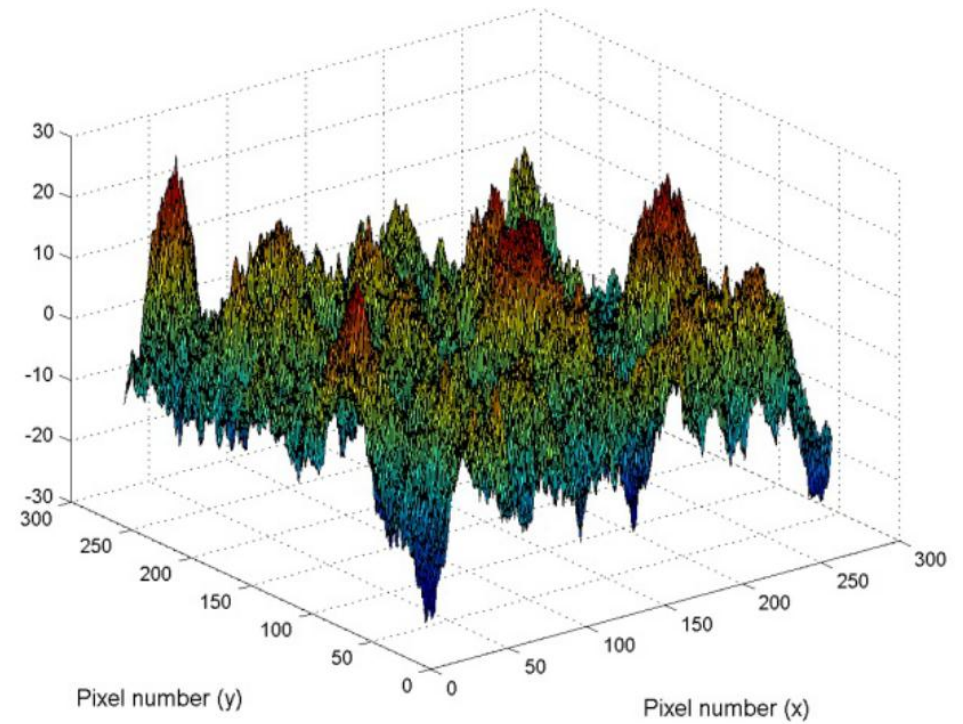
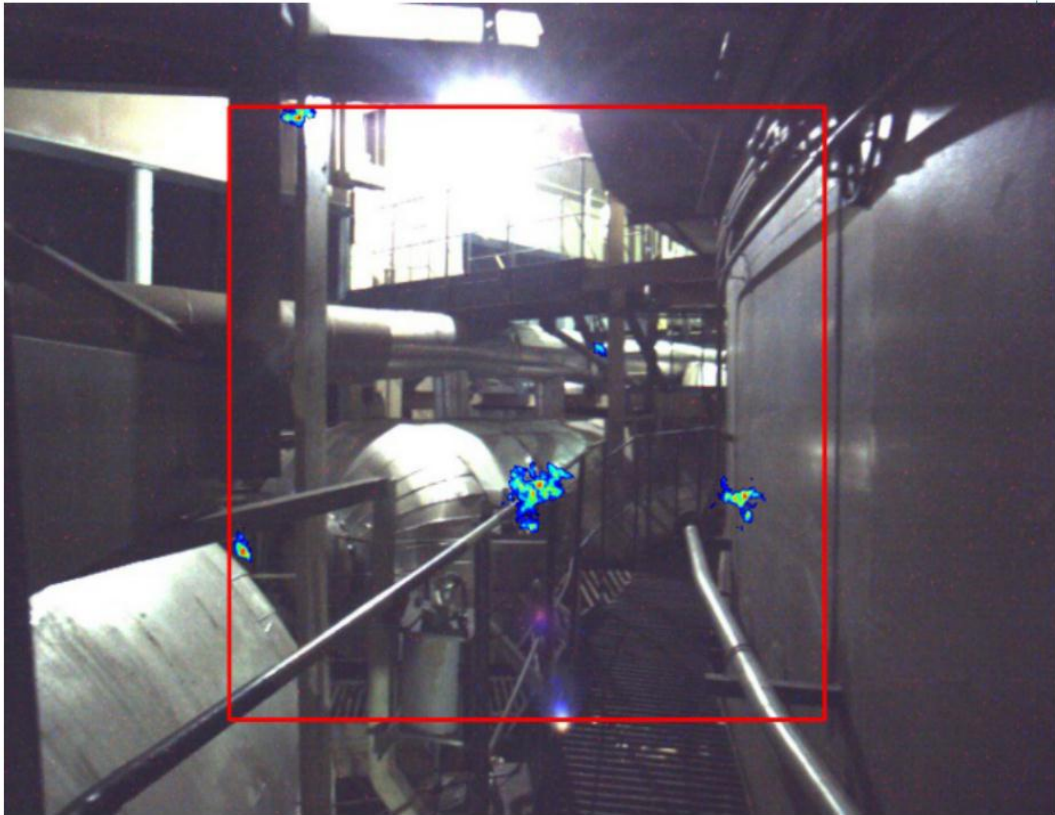




# Гамма-сканирование. Результаты

Gamma-scanning results > Rooms explication > A212-1

Show all  Hide other  Fade other  Clip





# Зонирование помещений для ВЭ





# Организация сан. барьеров и шлюзов при ВЭ



# Отчеты по расчету образования РАО

Kozloduy NPP | Reports | Search | Import | Manage | Журавлев | Log out

Page 1 of 9

Room Number:

Base level:  
 Additional level:  
 Total space: 1126 square meters  
 Room volume: 15659 square meters  
[Click here to go to this room in NEOSYNTeZ](#)

Systems in room:

System	Quantity	Weight, kg
-	20	240
Chemicals System	334	2675
Clean Condensate and Boron Solution System	67	5971
Condensate and heating steam system	63	615
Decontamination System	172	7827
Heating	4	105
Liquid waste and storage facilities system	59	459
Sewage Water System	111	1552
Water supply and Sewerage	96	281
WPS-3	293	1834
WPS-5. Steam Generator Blowdown System	677	3767
B-1a	27	1075
П-1a	21	349
П-2a	43	118

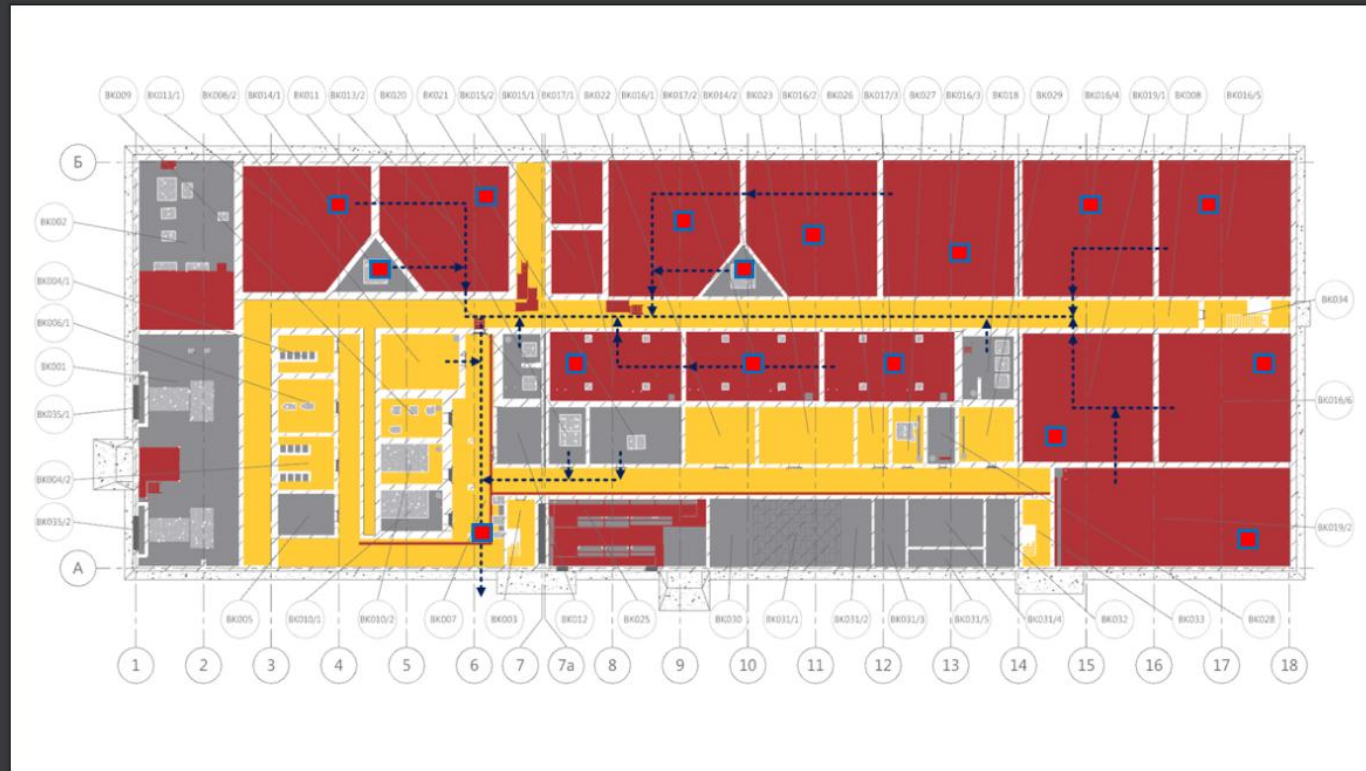
Summary of weight characteristics of SSC (Structures, Systems and Components) and radioactive waste generated during dismantling:

	Equipment	Piping	Steel constructions	Ventilation
RAW Category 1, t	39.720		113.482	1.093
Total weight, t	39.720		113.482	1.093

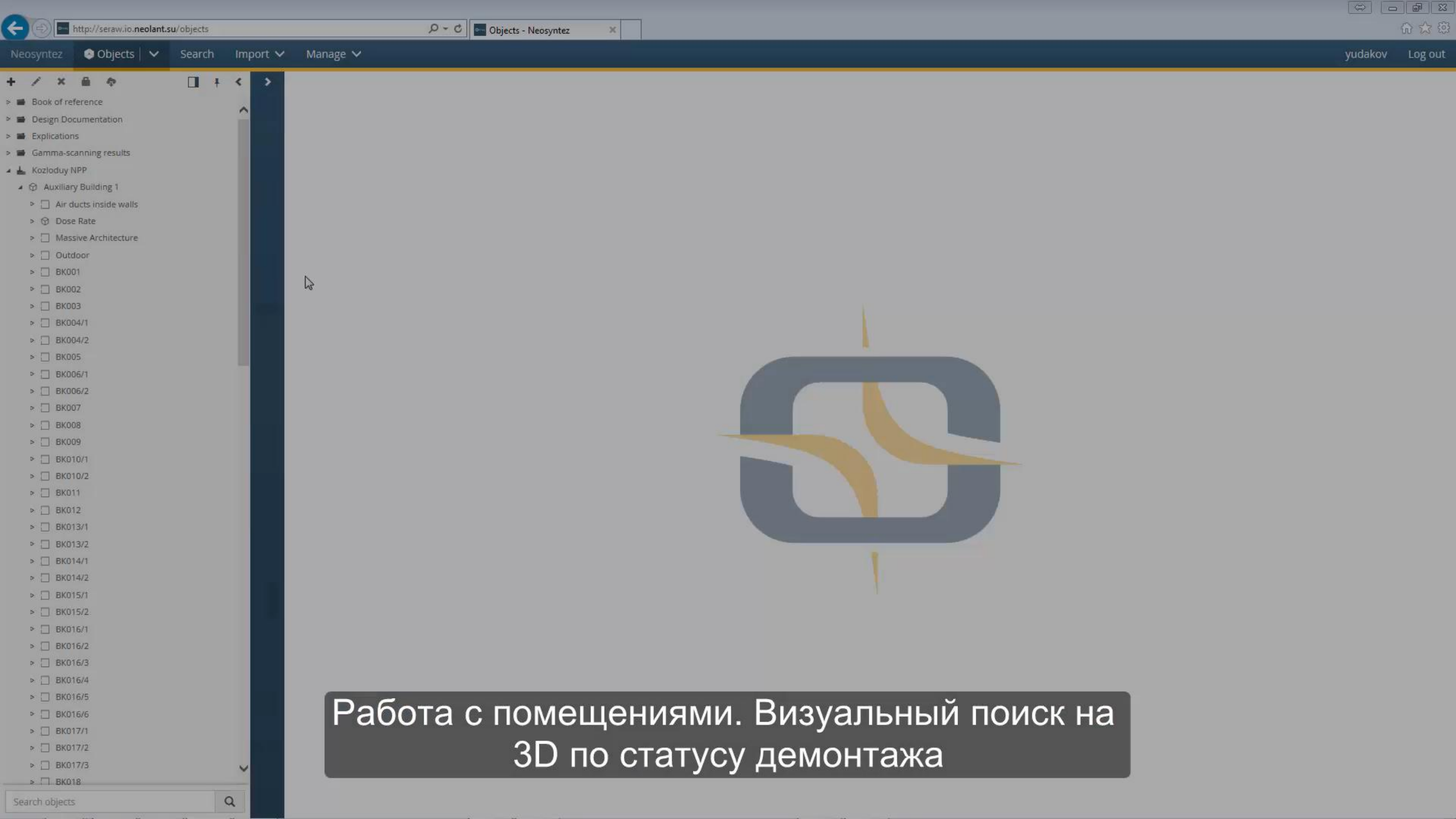
Генерация отчетов. Выбор помещения на  
плане отметки



# Визуализация логистики РАО

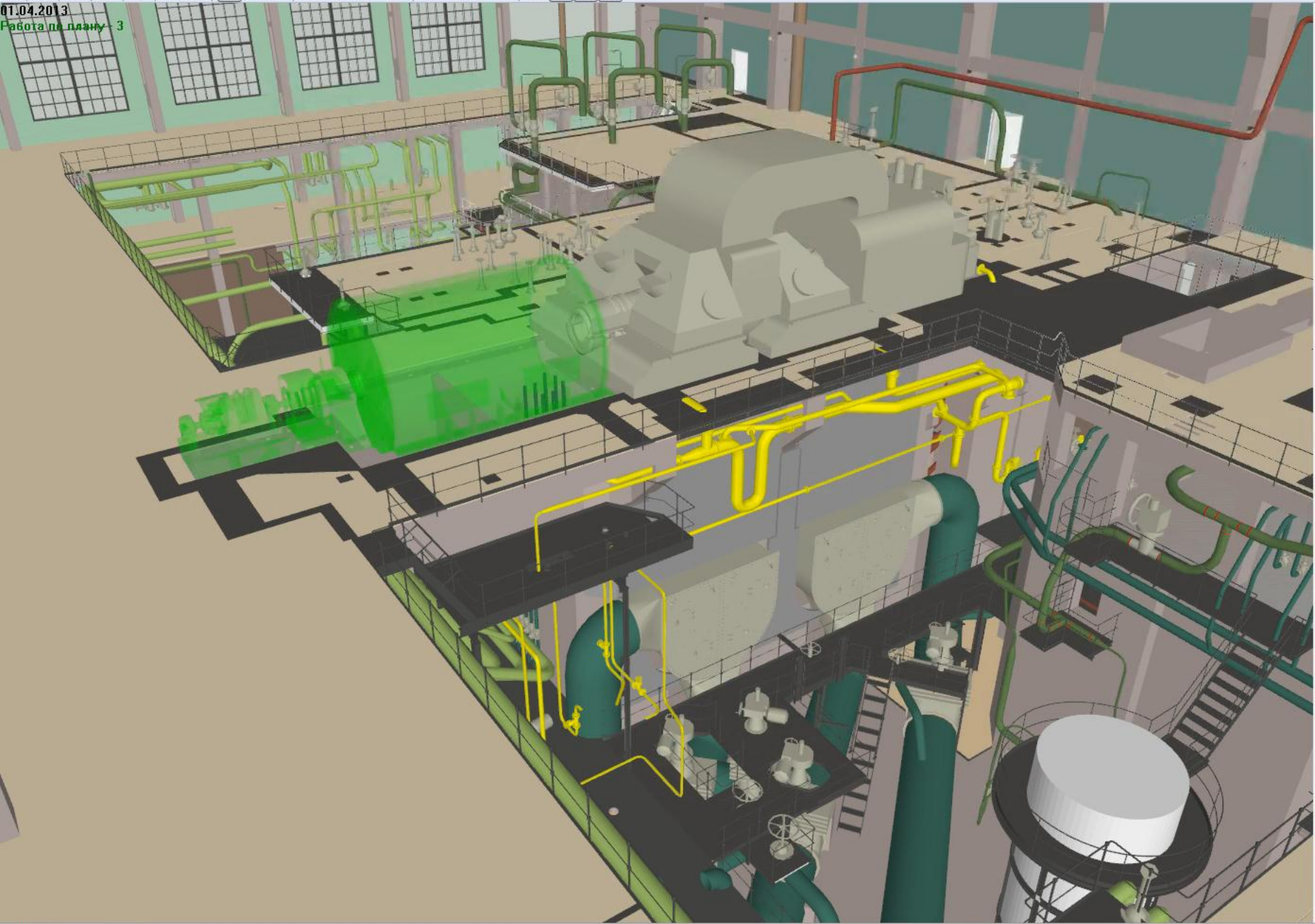


Просмотр интерактивных логистических  
маршрутов



Работа с помещениями. Визуальный поиск на 3D по статусу демонтажа





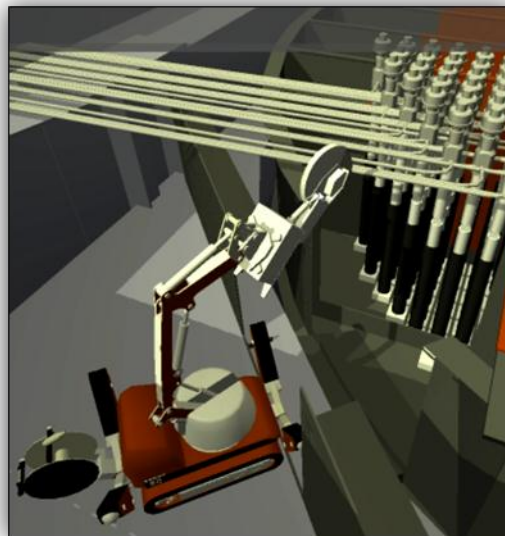
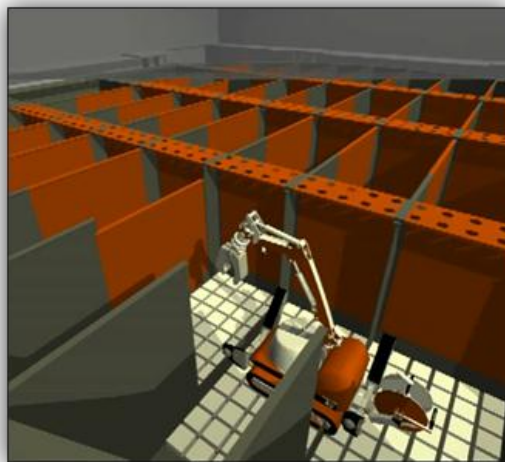
Задачи проекта  
zoom 7.06

01.04.2013 Параметры

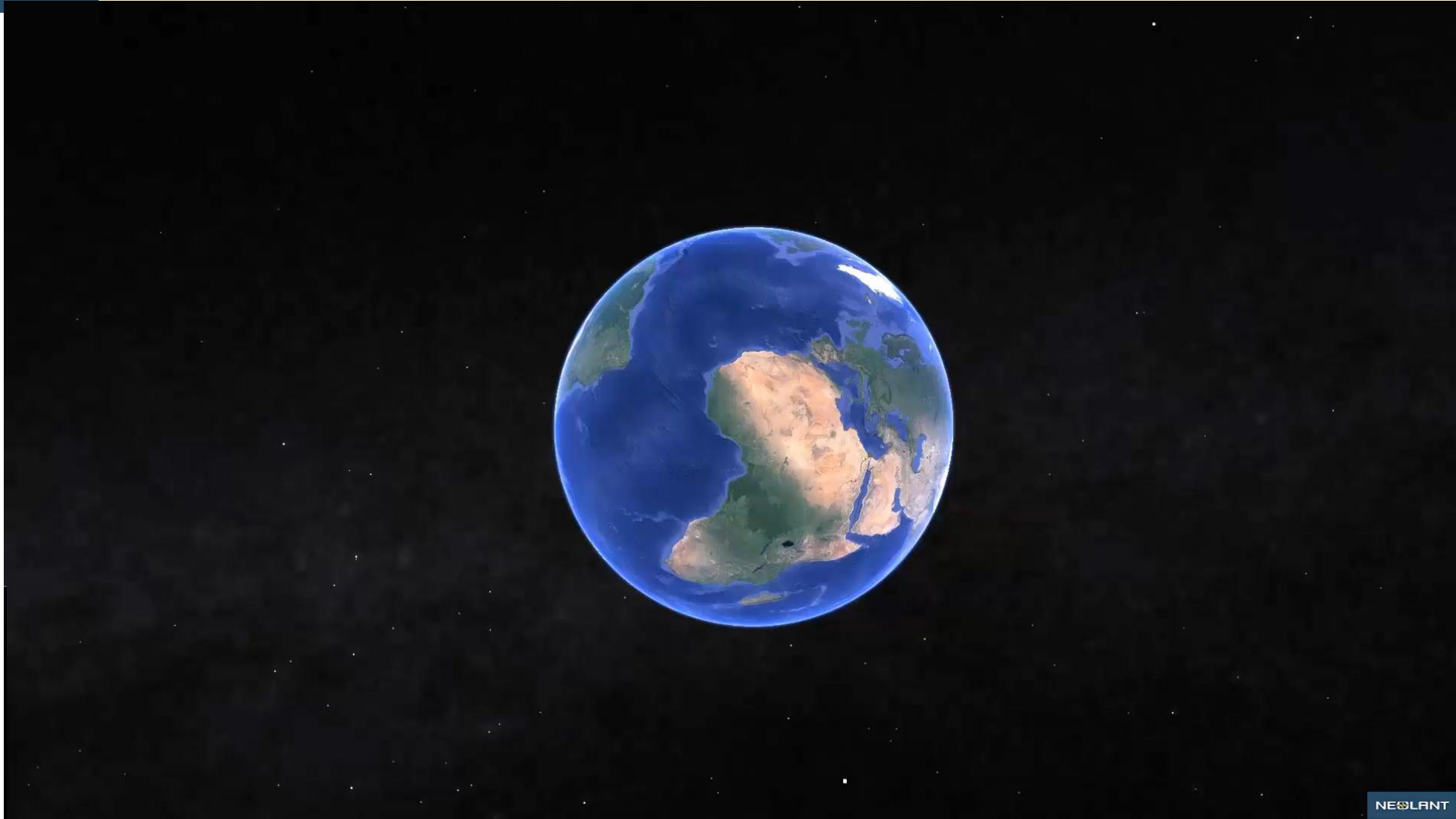
Описание	Пл.старт	Пл.финиш
1 Демонтаж генератора	01.04.2013	04.04.2013



# Имитационное моделирование для задач вывода из эксплуатации







NEOLANT

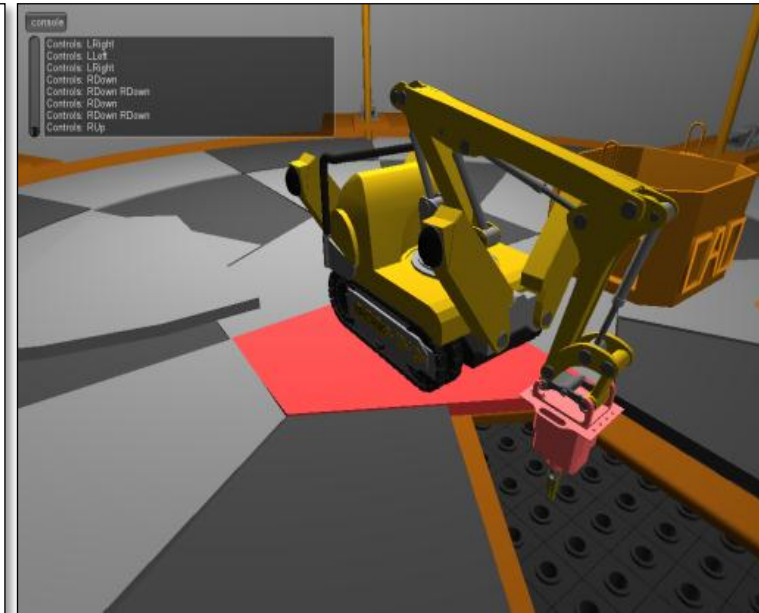
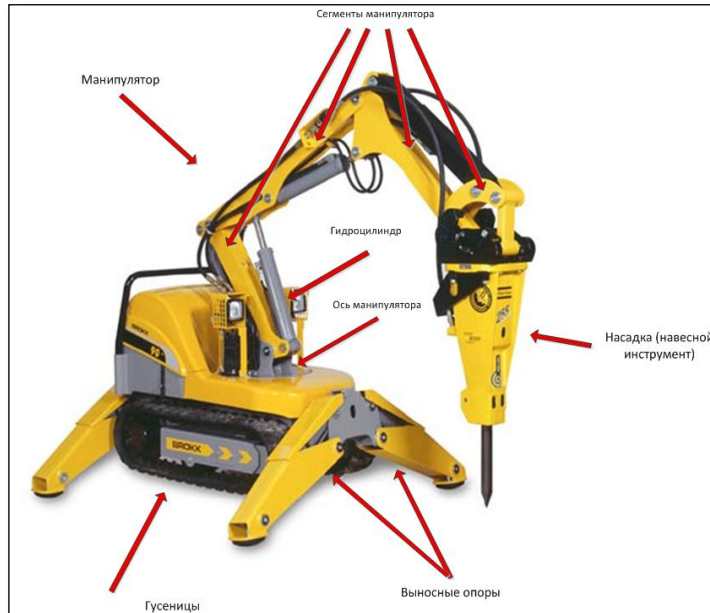




# Имитационная модель демонтажа реактора АМБ-100

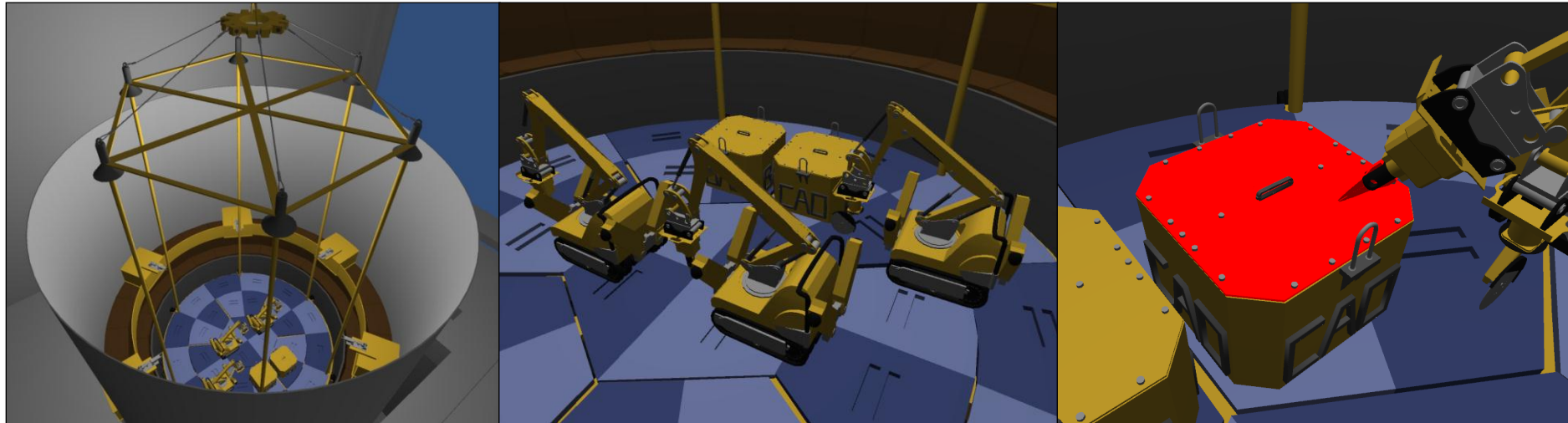
Цель выполнения работ:

- отработка навыков работы оператора мобильного-роботизированного комплекса BROKK
- проверка возможности выполнения предложенного варианта демонтажа реактора АМБ-100
- снижение издержек и повышение безопасности осуществления выбранного варианта ВЭ блока АЭС



# Имитационная модель демонтажа реактора АМБ-100

- Демонтаж кладки выполняется роботом BROKK, для перемещения которого в рамках шахты реактора служит специальная карусель, которая опускается в шахту реактора.
- Моделирование работы различных навесных инструментов робота BROKK.
- Моделирование физики твердых тел.
- Для упрощения определения элементов конструкции, которые мешают выполнению технологических операций, в программном комплексе реализована система оповещения о коллизиях объектов.
- Моделирование различных типов аварийных ситуаций.



# Имитационная модель демонтажа реактора АМБ-100



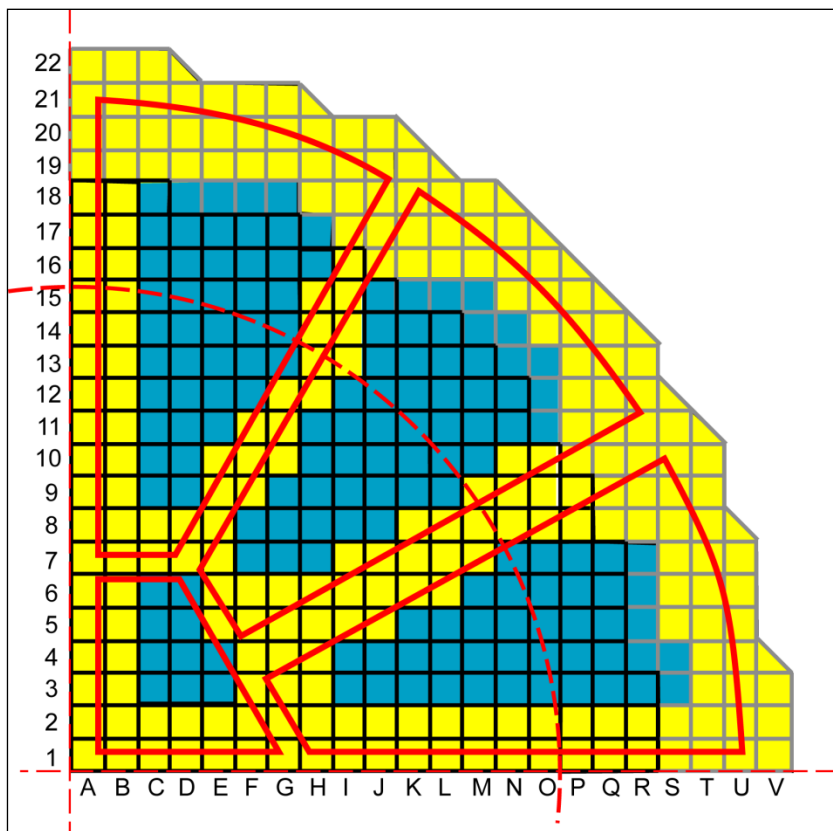
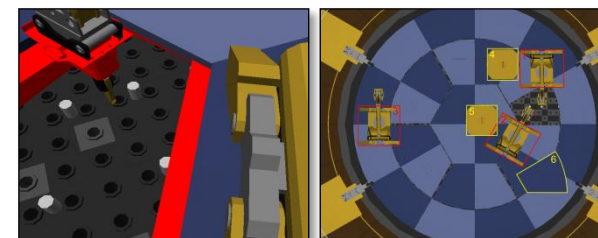


# Имитационная модель демонтажа реактора АМБ-100

Низкий процент блоков, которые возможно извлечь с помощью технологии

Некоторые блоки кладки невозможно извлечь по одной из причин:

- Мешает конструкция карусели.
- Не хватает длины манипулятора робота, чтобы достать блок.



По результатам проверки технологии было выявлено, что для извлечения доступно только около 30% блоков:

- Синие блоки извлекаемы.
- Желтые мешает извлечь карусель.

Была предложена другая конструкция карусели, предполагающая монолитную круглую плиту со скользящим по окружности и радиусу отверстием.

При наличии в кладке козловых аварий со слипанием трех и более блоков извлечение таких слипшихся кусков невозможно вследствие недостаточной грузоподъемности манипулятора робота BROKK.

В качестве решения предложено применение раскалывания образовавшихся агрегатов блоков, для чего следует:

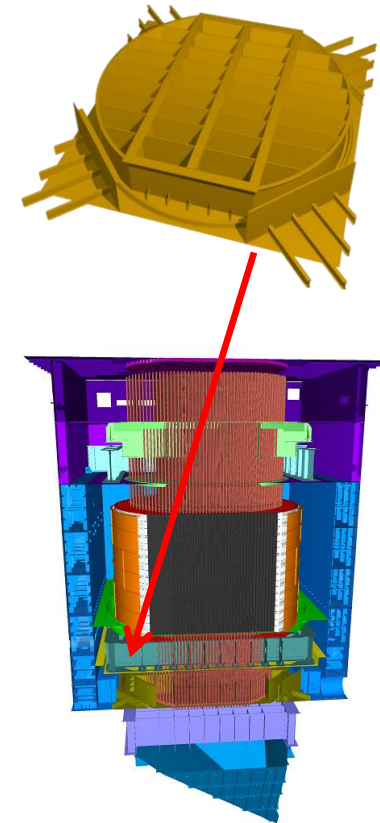
- предусмотреть наличие дополнительного робота со специальной насадкой типа «отбойный молоток»;
- или обеспечить необходимую прочность насадки-захвата с тем, чтобы её можно было использовать также и для этих целей.



# Моделирование технологии демонтажа металлоконструкций подреакторного пространства между схемами «О» и «Р»



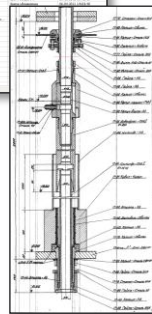
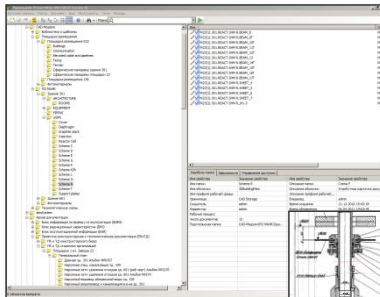
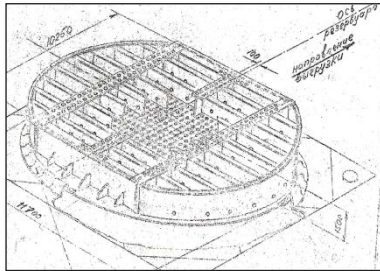
Схема Р



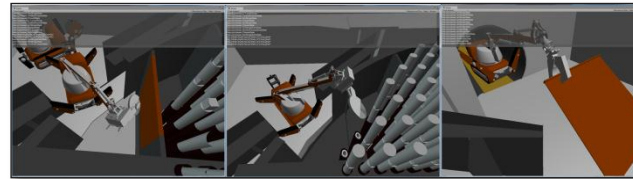


# Моделирование технологии демонтажа металлоконструкций подреакторного пространства между схемами «О» и «Р»

Данные ИС ВЭ ПУГР  
 АВ-1



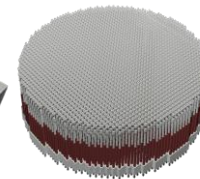
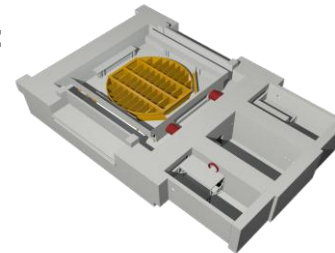
Демонтажный  
 РОБОТ BROKK 60



Имитационная модель



Окружающая обстановка:



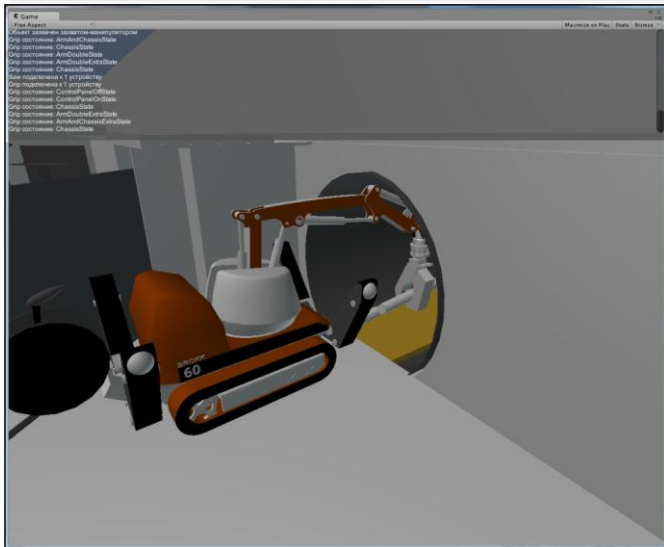
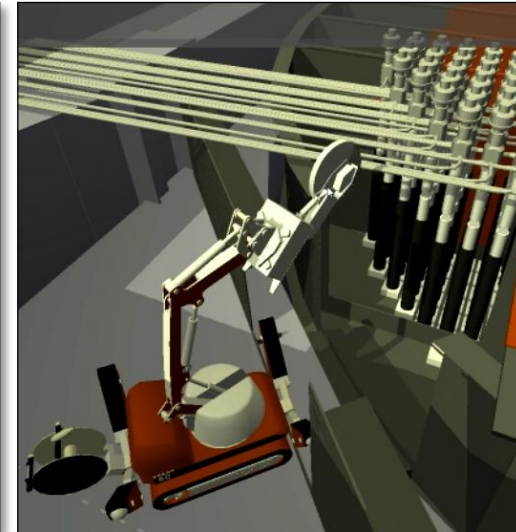
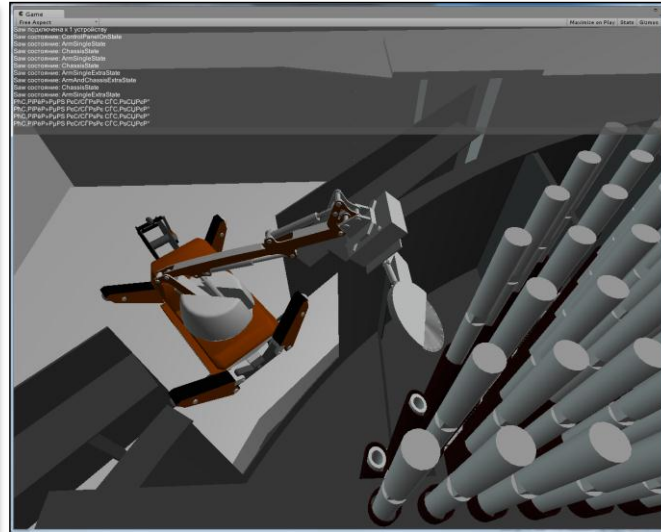
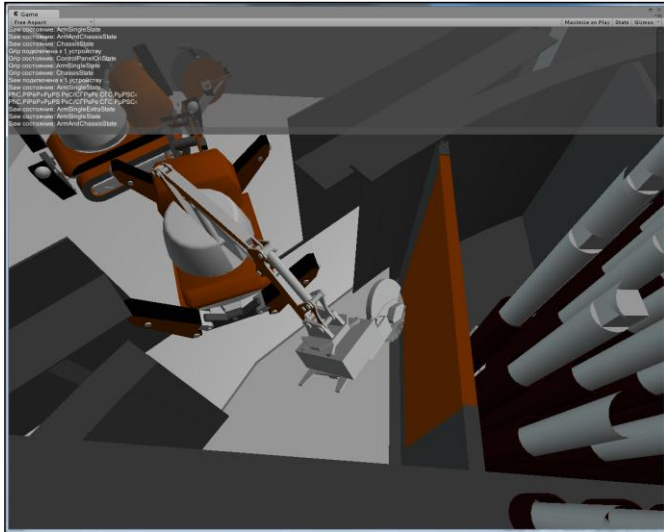
Физические параметры  
 материалов

Продажа Конструкционной стали.										
Марка:	Ст3сп									
Классификация:	Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества									
Дополнение:	По ГОСТ 27772-88 сталь Ст3сп соответствует стали для строительных конструкций С245, сталь Ст3сп соответствует стали С235									
Произции, предлагаемая предприятиями,рекламодателями:	Нет данных.									
Применение:	Несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах, арматура класса А1-400С									
Зарубежные аналоги:	известны									
Реклама от Google	▶ Сталь, ст. 3		▶ Трубы		▶ Сталь		▶ Лист, 39/2с			
Химический состав в % материала Ст3сп ГОСТ_380_2005										
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	
0.14-0.22	0.15-0.3	0.4-0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08	
Технологические свойства материала Ст3сп										
Свариваемость:	без ограничений									
Флюсочувствительность:	не чувствительна									
Склонность к отпусковой хрупкости:	не склонна									
Механические свойства при T=20°C материала Ст3сп										
Сортамент	Размер	Напр.	σ <sub>к</sub>	σ <sub>т</sub>	σ <sub>в</sub>	ψ	KCU	Термообр.		
	мм		МПа	МПа	%	%	кДж/м <sup>2</sup>			
Трубы, ГОСТ 8896-74			372	245	23					
Трубы, ГОСТ 18795-80			372	225	22					
Прокат, ГОСТ 335-2005			370-490	265-255	23-26					
Лист полый, ГОСТ 14637-89			370-480	265-245	23-26					
Арматура, ГОСТ 5781-82			373	235	25					
Канатка, ГОСТ 30136-95			490-540			60				
Твердость Ст3сп								HB 10 <sup>3</sup> = 131 МПа		
Физические свойства материала Ст3сп										
T	E 10 <sup>3</sup>	α 10 <sup>6</sup>	λ	ρ	C	R 10 <sup>3</sup>				





# Моделирование технологии демонтажа металлоконструкций подреакторного пространства между схемами «О» и «Р»



Демонтаж металлоконструкций выполняется роботом BROKK.

Моделирование работы различных навесных инструментов робота BROKK.

Моделирование физики твердых тел.

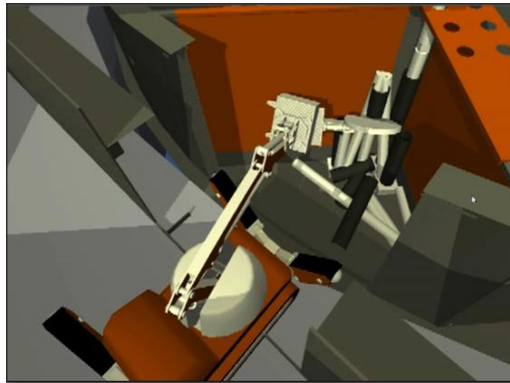
Моделирование технологии проникновения в пространство схемы «Р».

Моделирование технологии распилов элементов расположенных в пространстве схемы «Р».

Моделирование процесса извлечения демонтированных элементов.

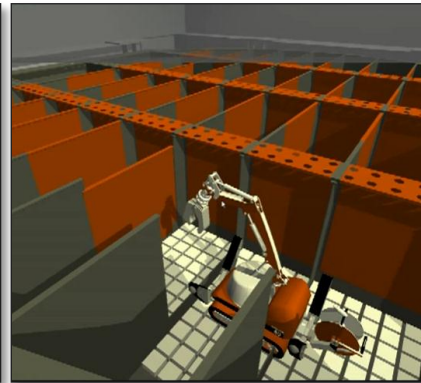


В результате отработки технологии были выявлены проблемные места технологии и предложены методы их устранения, в том числе новая схема расположения приборов видеонаблюдения



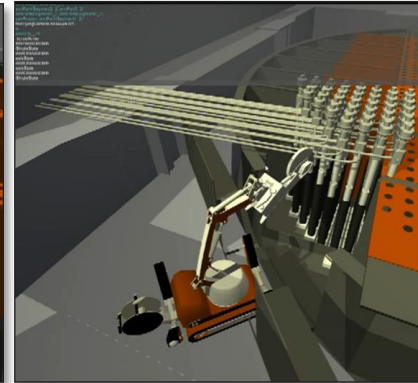
Труднодоступные тракты в углах секторов

Решение – снять защитный кожух с диска пилы



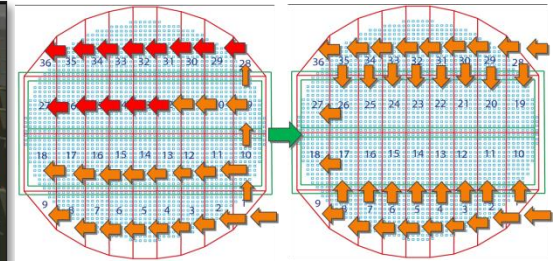
Обрезки трактов мешают движению робота в дальних секторах

Решение – перепад высот оставшихся обрезков не должен превышать 64 мм



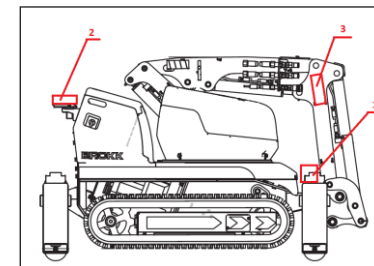
Невозможно обрезать все импульсные трубки до начала демонтажа трактов

Решение – демонтаж импульсных трубок необходимо осуществлять по мере демонтажа трактов



Не хватает длины кабеля для доступа к дальним секторам

Решение – изменить схему движения между секторами



Предлагаемое расположение приборов видеонаблюдения





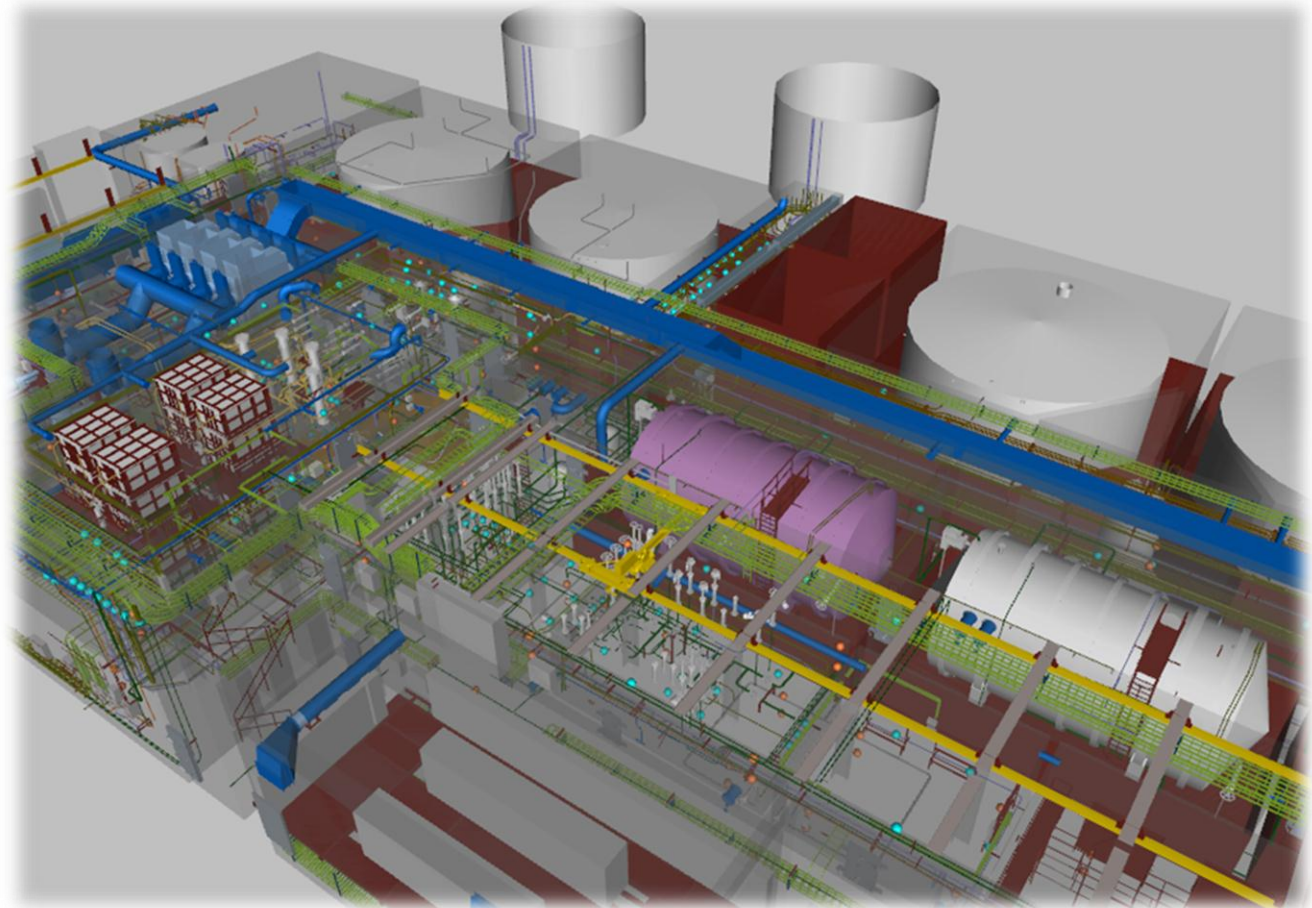
Инжиниринг, IT, инновации

**НЕОЛАНТ**

Мир. Страна. Регион. Город



# Программно-аппаратный комплекс Digital Decommissioning



105062, Россия, Москва  
Покровка, 47 А  
Тел.: +7 (499) 999 0000  
E-mail: [info@neolant.ru](mailto:info@neolant.ru)  
[www.neolant.ru](http://www.neolant.ru)



Разрабатывается в рамках выигранного конкурса Минобрнауки РФ на предоставлении государственной субсидии для выполнения НИОКР, соответствующих основным приоритетам, изложенным в «Стратегии научно-технического развития РФ» (введена в действие указом Президента РФ от 01.12.2016г. № 642):

- а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, новым материалам и технологиям конструирования;
- б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

Кооперация предприятий:



- Разработка ПО на базе собственных платформ, управление проектом, правообладатель, обеспечивает формирование и загрузку производства по внедрению ПАК DD



- Математические модели для решения «обратной задачи» построения пространственно-распределенного радиационного источника, определения дозовых нагрузок. Патентные исследования



- Верификация моделей ТПУ, подготовка нормированных баз данных технологий ВЭ и дезактивации, оборудования, применяемого при ВЭ

Сроки выполнения проекта: 2017-2019 гг.



# Задачи, решаемые ПАК Digital Decommissioning

1. Интеграция всей необходимой для ВЭ инженерной и радиационной информации об ОИАЭ в электронной форме. Обеспечение современных интерфейсов доступа к данным.
2. Планирование и проведение КИРО, решение «обратной задачи» – выявление радиационных источников, формирование пространственно-распределенного радиационного источника в помещениях ОИАЭ.
3. Укрупненная оценка стоимости по правилам «Отраслевых методическим рекомендациям по оценке стоимости работ по ВЭ из эксплуатации объектов использования атомной энергии». Распределение затрат по временным периодам. Визуализация положений локальных концепций по ВЭ на базе 3D-модели.
4. Детальное проектирование ВЭ с автоматизированным формированием ключевых документов.
5. Обучение персонала разработанным проектно-технологическим решениям с применением технологии виртуальной реальности.



# Архитектура комплекса





# Интеграция данных

The screenshot displays a BIM software interface with the following components:

- Top Bar:** Kozloduy NPP, Objects, Search, Import, Log out.
- Left Panel (Object Tree):** Kozloduy NPP > Auxiliary Building 1 > Radiational Inspection Points > BK001 through BK019/2 > BK020 > Auxiliary Building 1 - Architecture. A search bar is at the bottom.
- Explication Panel:** 3D model, 360° Photos.
- Information Model View:** 2D floor plan of Auxiliary Building 1 - BK020. A room is highlighted in red.
- Properties Panel:**

Properties	
Design documents Report	
Building	Auxiliary Building 1
Dose rate, $\mu\text{Sv/h}$	
Floor area, $\text{m}^2$	16
Floor finish	Cement floor
RAW category	<input type="checkbox"/>
Room	BK020
Room category (ПУЭ)	
Room category (CA)	
Room name	Sewage water pumps Room SVO-3
Volume, $\text{m}^3$	56

Buttons: Print, Reset, Update
- 3D Model View:** 3D perspective view of the building structure with internal systems.
- 360° Photos View:** Real-world photograph of the interior of room BK020, showing pipes and equipment.



# Интеграция данных

The screenshot displays a software interface for data integration in a building information model (BIM). The interface is divided into several sections:

- Left Panel:** A tree view showing the project structure. It includes 'Kozloduy NPP' and 'Auxiliary Building 1'. Under 'Auxiliary Building 1', there are 'Radiational Inspection Points' and a list of rooms (BK001 to BK019/2). The current room selected is 'BK020'.
- Top Bar:** Contains navigation and search options: 'Kozloduy NPP', 'Objects', 'Search', 'Import', and 'Log out'.
- Information Model:** Shows a 2D architectural plan of the building with a grid of rooms. A specific room is highlighted in yellow.
- Properties Panel:** A table of properties for the selected room 'BK020'.

Property	Value
Building	Auxiliary Building 1
Dose rate, $\mu\text{Sv/h}$	
Floor area, $\text{m}^2$	16
Floor finish	Cement floor
RAW category	
Room	BK020
Room category (П/Э)	
Room category (CA)	
Room name	Sewage water pumps Room SVO-3
Volume, $\text{m}^3$	56
- 3D Model:** A 3D rendering of the room interior, showing a complex piping system with blue and green pipes, pumps, and structural elements.
- 360° Photos:** A 360-degree photograph of the actual room, showing the physical piping and equipment.



# Интеграция данных

Kozloduy NPP | Objects | Search | Import | Log out

Information Model - Kozloduy NPP - Auxiliary Building 1 - BK020

**Explication**

- 3D model
- 360° Photos

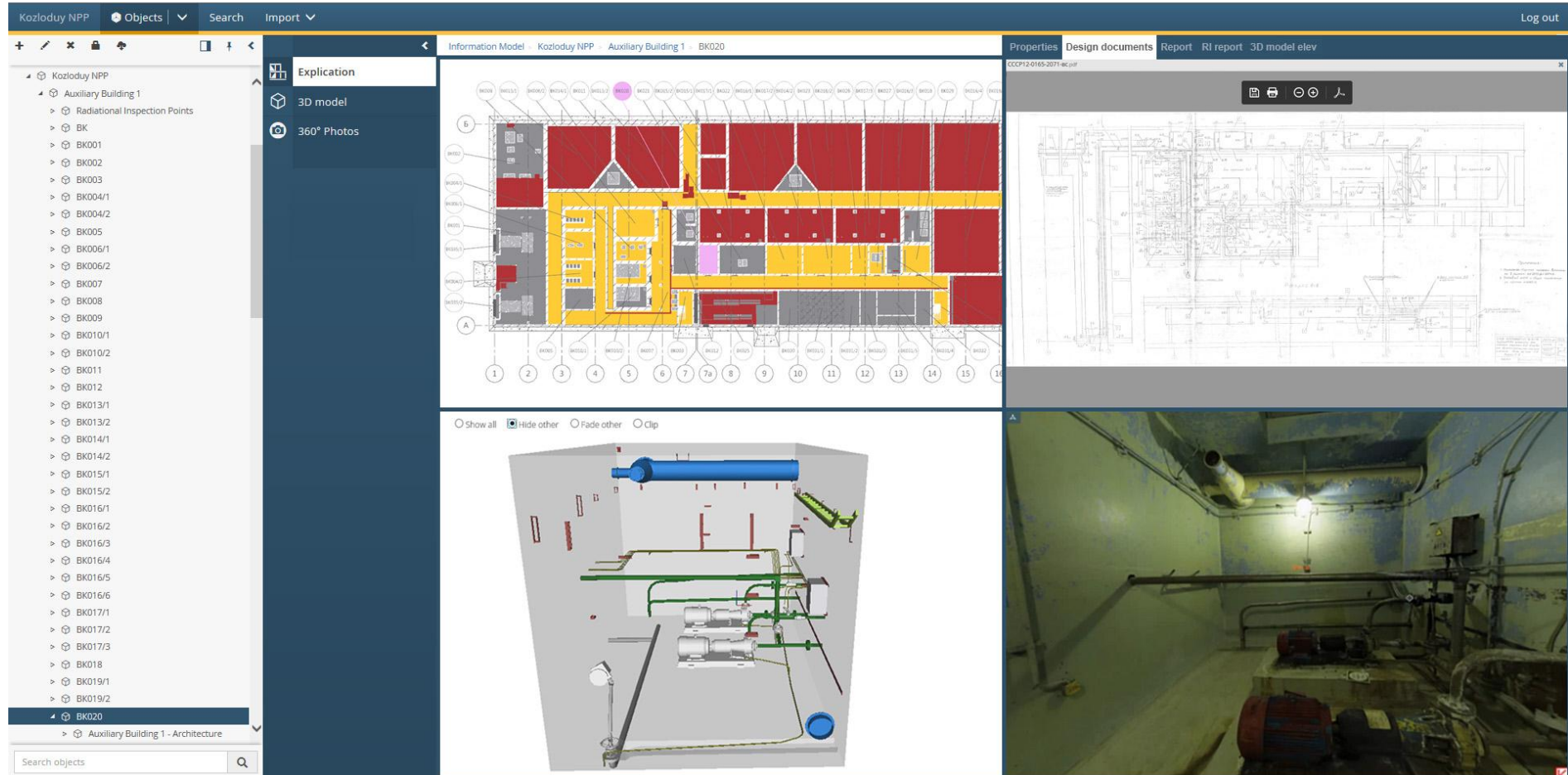
Name	Assembly/album/package sign	Drawing number	Archive folder number
1	Заглавный лист	2069-ec.pdf	СССР12-0165
2	План канала и стаяды. Разрезы 1-1 - 5-5	2070-ec.pdf	СССР12-0165
3	План на отк. -1.500. Разрез 6-6	2071-ec.pdf	СССР12-0165
4	План на отк. 2.700. Разрезы 8-8, 9-9	2072-ec.pdf	СССР12-0165
5	План на отк. 6.300. Разрезы 14-14, 15-15	2073-ec.pdf	СССР12-0165
6	Разрезы 7-7, 10-10, 13-13	2074-ec.pdf	СССР12-0165
7	Перекры блокы, опор, приводов	2075-ec.pdf	СССР12-0165
8	Блоки № 1, 17, 18, 21, 26, 27, 30, 31	2076-ec_1.pdf	СССР12-0165
9	Блоки № 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73	2076-ec_2.pdf	СССР12-0165
10	Блоки № 74, 75, 76, 77, 78, 81, 83, 88	2076-ec_3.pdf	СССР12-0165
11	Блоки № 0, 6, 8, 9, 12-15, 20, 22, 23, 24, 35, 36, 37-41, 43-44, 46-49, 51	2076-ec_4.pdf	СССР12-0165
12	Блоки № 32, 33, 34, 45, 53, 59, 63, 90, 91, 36, 52, 54-58, 60-62, 64, 65, 79, 80, 84, 85	2076-ec_5.pdf	СССР12-0165
Total: 12			

Show all  Hide other  Fade other  Clip





# Интеграция данных



# Интеграция данных

Kozloduy NPP Objects Search Import Log out

Information Model Kozloduy NPP Auxiliary Building 1 BK020

Explication 3D model 360° Photos

Properties Design documents Report RI report 3D model elev

**Механическое оборудование**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Количество	Масса
Рассос трайфчел вод	2Pч44	2 шт.	920.0 кг

**Клапаны**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код	Количество	Масса
Клапан DN 100 Ру МПа. Маловиск.		OK20001-00.100	1 шт.	13.0 кг
Клапан DN 50 Ру МПа. Дистанционная передача		C26364 050 019	2 шт.	26.0 кг

**Клапаны обратные**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Количество	Масса
Клапан обратный Ду 50 Ру МПа.	К 44032-050 М	1 шт.	8.1 кг

**Трубы**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Количество	Масса
Труба DN 80, 89x4, материал ОК 18Н10Т		0.3 м	2.8 кг
Труба DN 70, 76x4, материал ОК 18Н10Т		3.9 м	27.5 кг
Труба DN 50, 57x3.500, материал ОК 18Н10Т		5.5 м	25.6 кг
Труба DN 40, 45x3, материал ОК 18Н10Т		6.0 м	17.5 кг
Труба DN 32, 42.30x2.800, материал Ст3		0.3 м	0.7 кг
Труба DN 10, 15x2, материал ОК 18Н10Т		43.0 м	27.5 кг

**Переходы концентрические**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Количество	Масса
Переход К DN 80, 89x4-57x3.500, материал ОК 18Н10Т		2 шт.	1.8 кг



**Фланцы**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Количество	Масса
Фланец DN 40 Ру., материал ОК 18Н10Т		4 шт.	7.8 кг

**Прочие элементы**

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа	Код	Количество	Масса
Фланцевое соединение DN 50 Ру МПа. Тип соединения – Сварной шов		01.MB+2390-63	3 шт.	27.8 кг
Муфта шарнирная DN 32 Ру МПа. Тип соединения – Муфтовое			1 шт.	0.8 кг
Муфта шарнирная с компенсатором DN 32 Ру МПа. Тип соединения – Муфтовое			1 шт.	2.7 кг
Шток перпендикулярный DN Ру МПа			1 шт.	28.0 кг

Show all Hide other Fade other Clip

Search objects





# Интеграция данных

The screenshot displays a BIM software interface with the following components:

- Navigation Tree (Left):** Lists objects under 'Kozloduy NPP' and 'Auxiliary Building 1', including 'Radiational Inspection Points' and numerous room identifiers (BK001 to BK019/2).
- Top Menu Bar:** Includes 'Kozloduy NPP', 'Objects', 'Search', 'Import', and 'Log out'.
- Information Model (Center):** Shows a 2D architectural plan of 'Auxiliary Building 1 - BK020' with a grid and various colored zones.
- 3D Model (Bottom Left):** A 3D perspective view of a room interior with pipes and equipment.
- 360° Photos (Bottom Right):** A photograph of the actual room interior, showing pipes and equipment.
- Right Panel (Report):** Contains logos for 'NEOLANT Engineering, IT, Innovation', 'EWN', and 'NUKEM Technologies'. It also features a 'РОСАККРЕДИТАЦИЯ' logo and a detailed 'Протокол испытаний' (Test Protocol) in Russian.

**Протокол испытаний (Test Protocol):**

Аналитическая лаборатория ООО «Ан Кварк»  
 г. Москва, Кашинское ш, 33, к. 4, пом. XVI  
 Аттестат аккредитации № RA.RU.21AE91

№ \_\_\_\_\_

**Наименование организации:** АЭС «Козлодуй».  
**Объект испытаний:** помещение № BK020 Спецкорпуса №1.  
**Вид испытаний:** Радиационный контроль производственных помещений; контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений.  
**Нормативно-методическая документация, использованная при проведении измерений:**

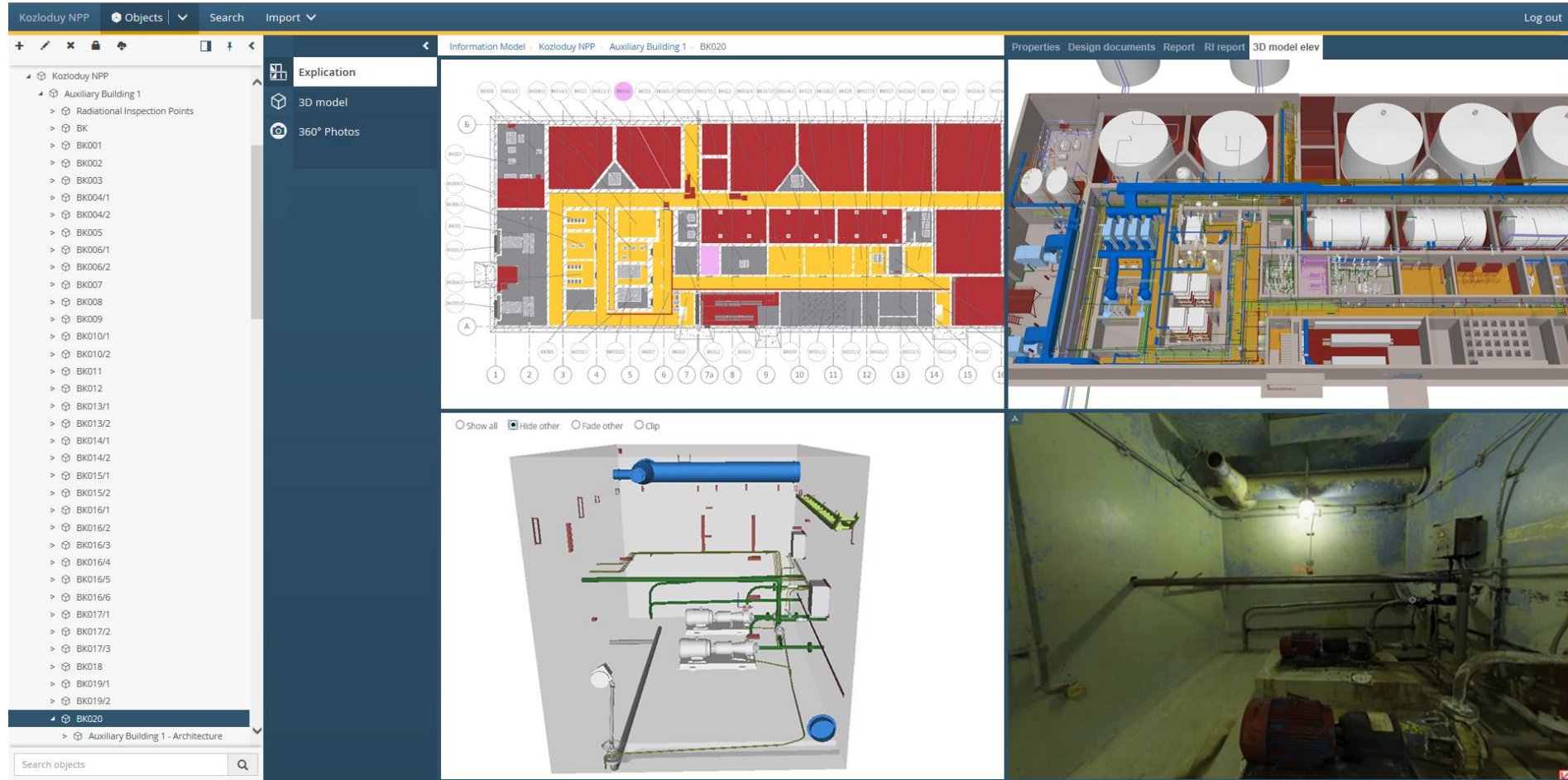
- Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов. Методические указания по методам контроля МУК 2.6.1.016-99, 2.6.1.
- Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль радиационной обстановки. Общие требования. Методические указания МУ 2.6.1.14-2001.

**Дата испытаний:** 21 февраля 2017 г.  
**Средства измерений:** МКС-АТ1117М (детекторы БДКГ-03, БДКА-01, БДКБ-01), свидетельство о поверке № 01-МС 17 0352 от 14.02.2017, годен до 14.02.2018.  
**Условия проведения измерений:** производственные.  
**Результаты измерений фоновых характеристик радиационных параметров на лестничном**

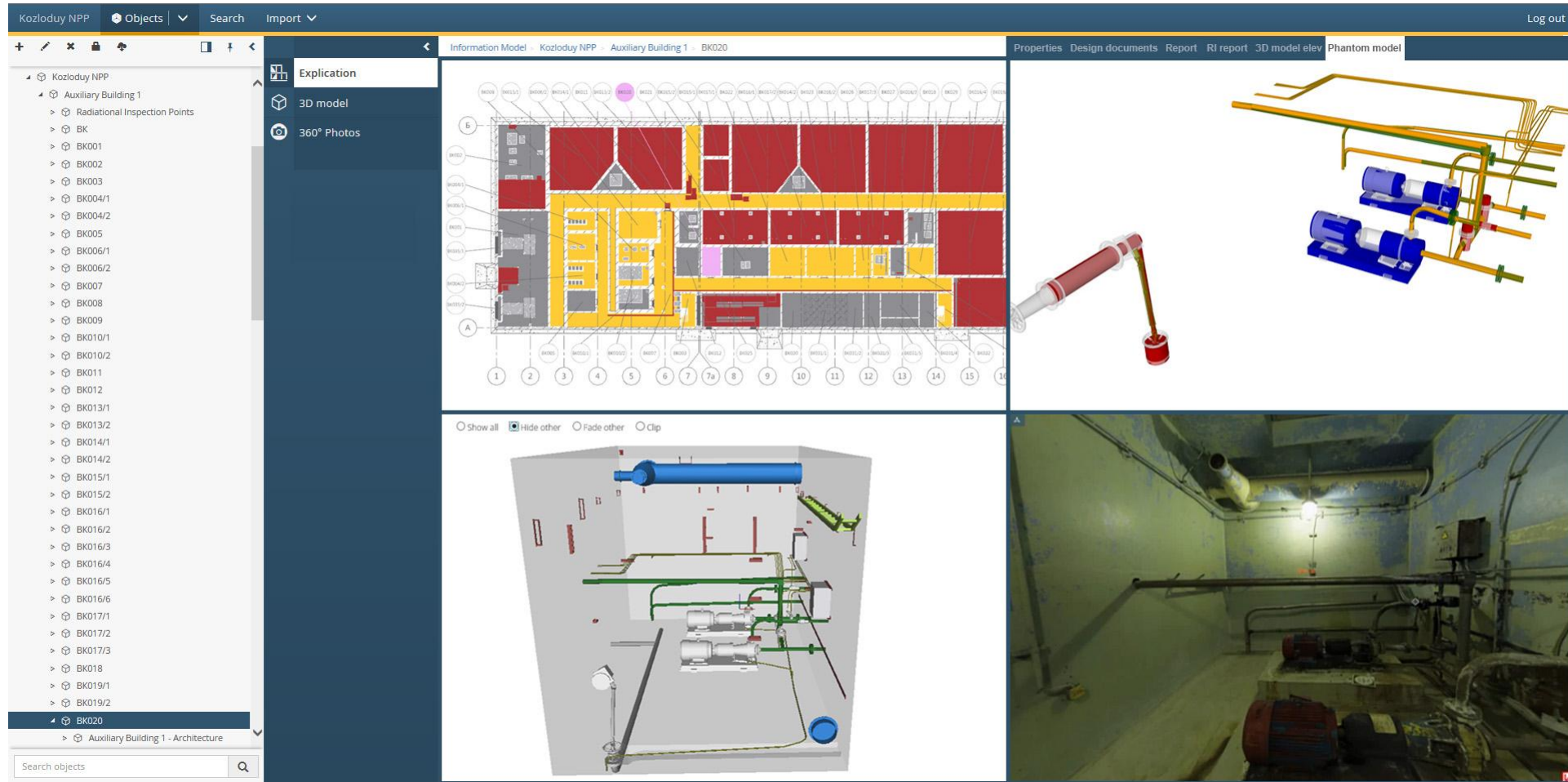




# Интеграция данных

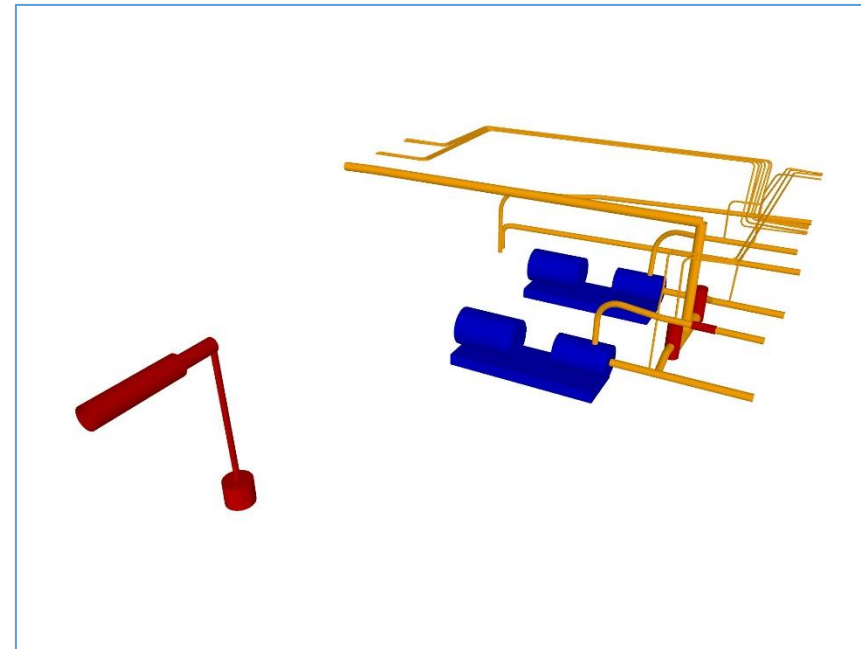
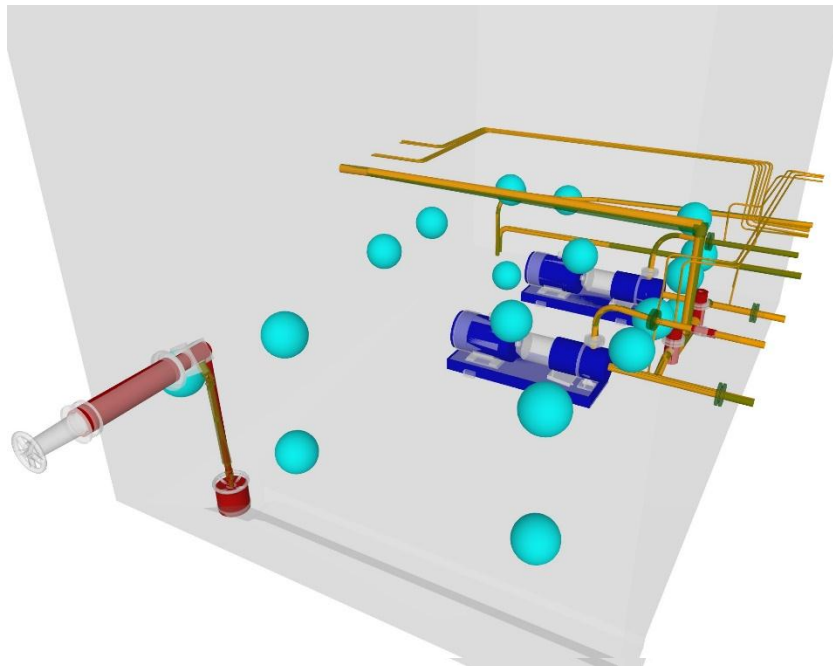


# Интеграция данных



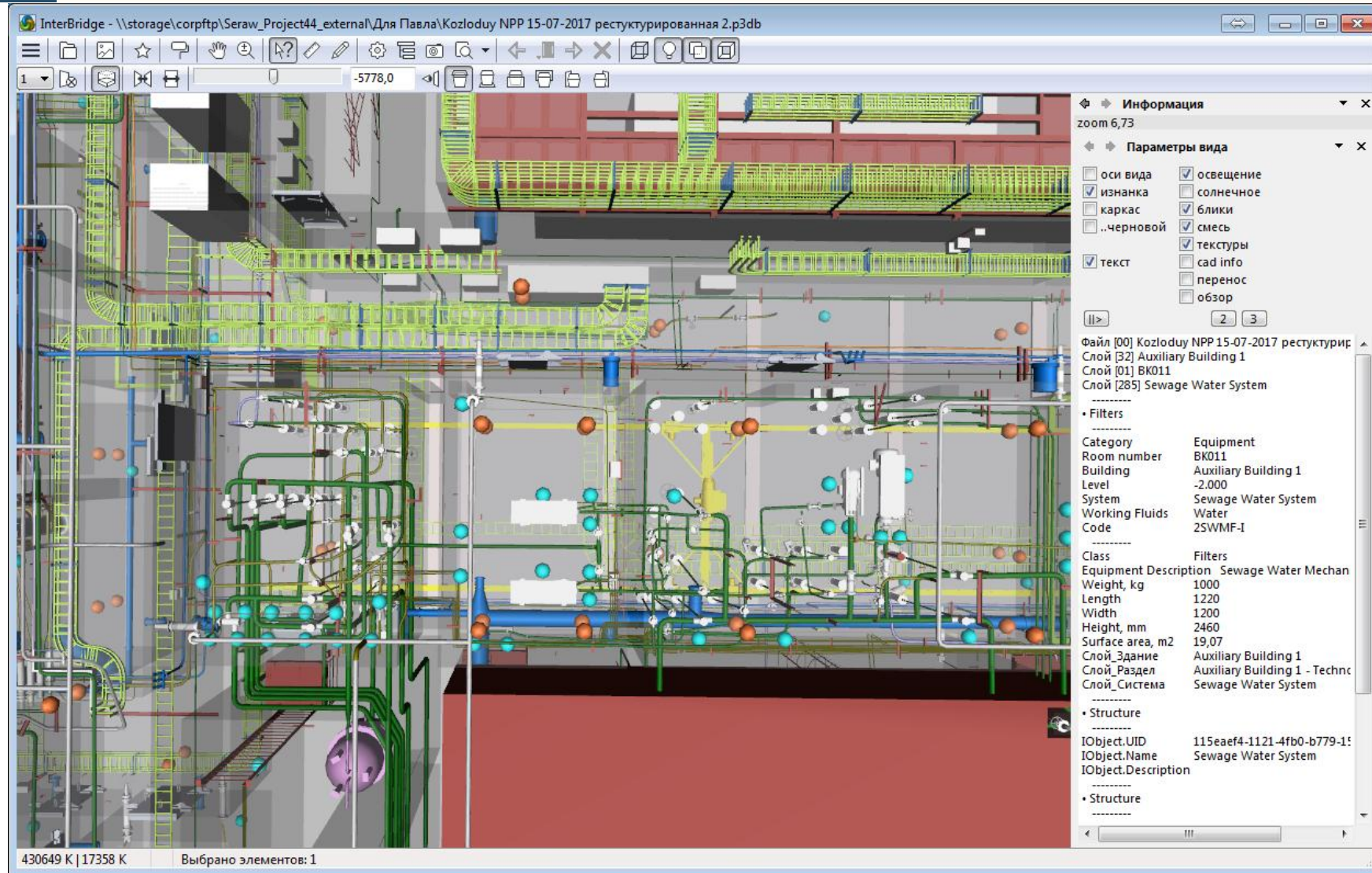
# Планирование и проведение КИРО

1. Решение «обратной задачи» – выявление источников РИ, формирование «фантомной» модели помещений для проведения расчетов
2. Применение мобильных устройств при проведении КИРО



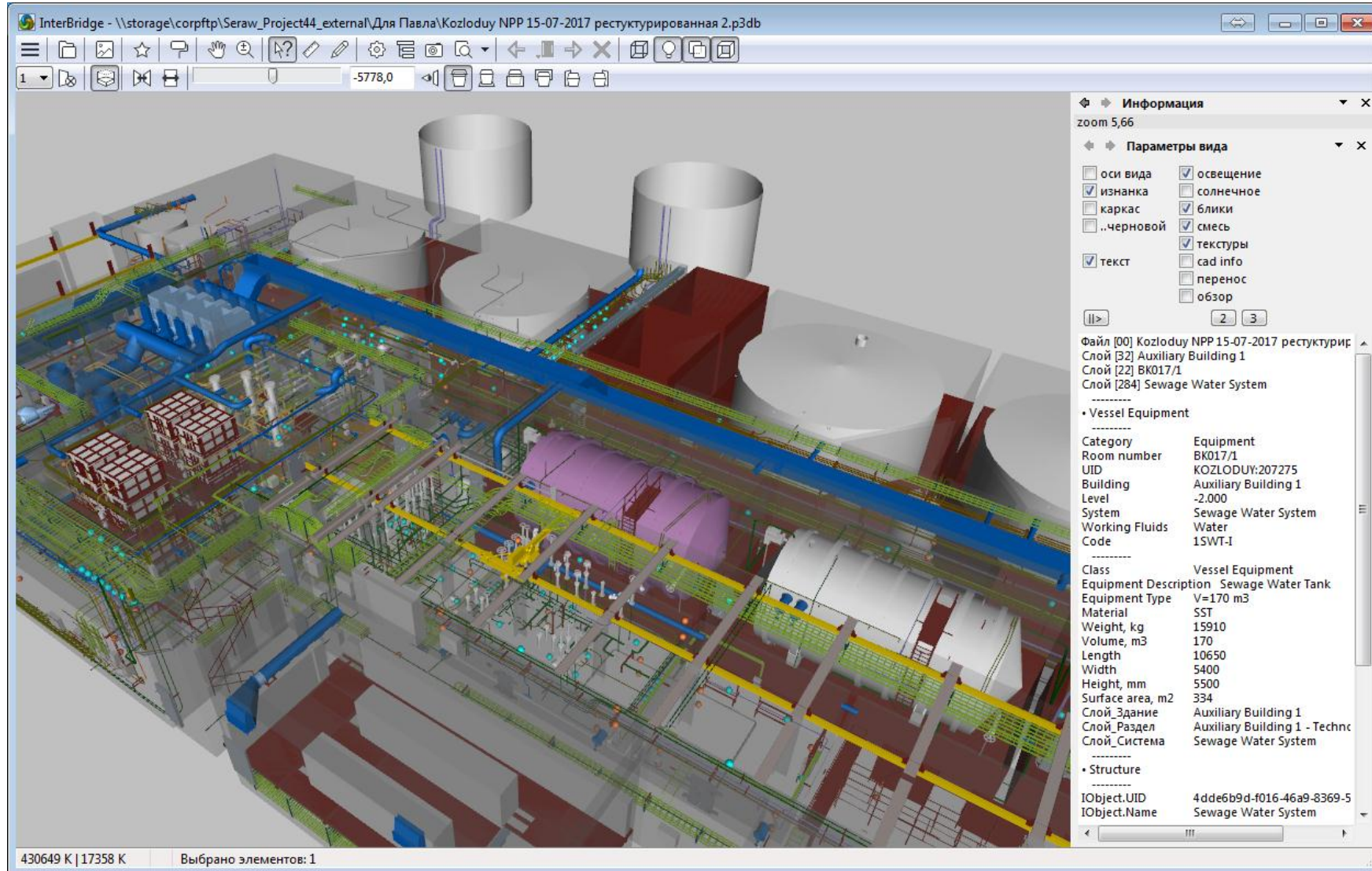


# Планирование и проведение КИРО





# Планирование и проведение КИРО



# Планирование и проведение КИРО





# Планирование и проведение КИРО

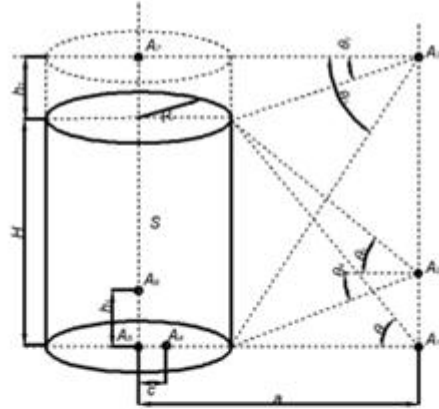


Рисунок 1.2.6 – Цилиндрический поверхностный источник

$$\varphi_1 = \frac{S_L R}{2(a+R)} F(\theta, k), \quad (1.2.37)$$

где  $\theta = \arctg \frac{H}{a-R}$ ,  $k = \frac{2\sqrt{aR}}{a+R}$ .

$$\varphi_2 = \frac{S_L R}{2(a+R)} (F(\theta_1, k) + F(\theta_2, k)). \quad (1.2.38)$$

$$\varphi_3 = \frac{S_L R}{2(a+R)} (F(\theta_2, k) - F(\theta_1, k)). \quad (1.2.39)$$

$$\varphi_4 = \frac{S_L R}{2(R-c)} F(\theta_1, k); \quad \theta = \arctg \frac{H}{R-c}, \quad k = \frac{2\sqrt{cR}}{c+R}. \quad (1.2.40)$$

$$\varphi_5 = \frac{S_L R}{2} \arctg \frac{H}{R}. \quad (1.2.41)$$

$$\varphi_6 = \frac{S_L R}{2} \left( \arctg \frac{h_1}{R} + \arctg \frac{H-h_1}{R} \right), \quad (1.2.42)$$

$$\varphi_7 = \frac{S_L R}{2} \left( \arctg \frac{H+h_2}{R} - \arctg \frac{h_2}{R} \right). \quad (1.2.42)$$

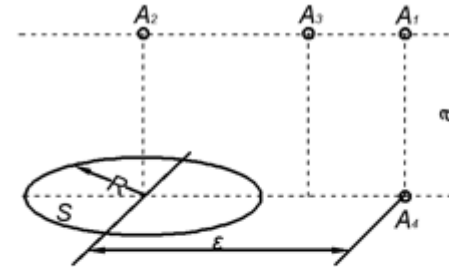


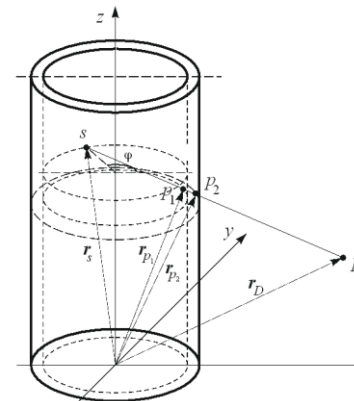
Рисунок 1.2.3 – Круговой линейный источник

$$\varphi_1 = \frac{S_L R}{2\sqrt{(c^2-R^2)^2 + 2a^2(c^2+R^2) + a^4}}. \quad (1.2.23)$$

$$\varphi_2 = \frac{S_L R}{2(a^2+R^2)}. \quad (1.2.24)$$

$$\varphi_3 = \frac{S_L R}{2a\sqrt{a^2+4R^2}}. \quad (1.2.25)$$

$$\varphi_4 = \frac{S_L R}{2(c^2-R^2)}. \quad (1.2.26)$$



# Укрупненная оценка СТОИМОСТИ

СОГЛАСОВАНО

Директор по государственной политике  
в области РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО  
Госкорпорации «Росатом»

 О.В. Крюков  
«09» марта 2017 г.

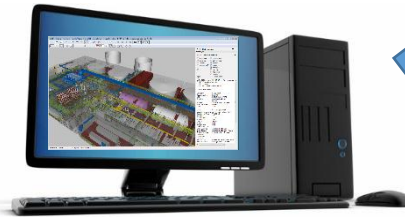
**ОТРАСЛЕВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ РАБОТ ПО ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**



# Проектирование ВЭ



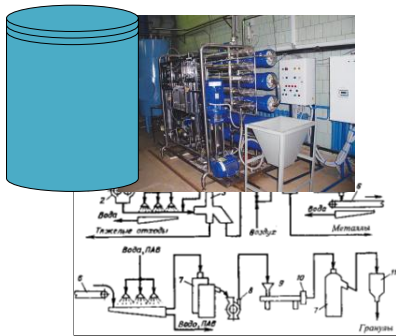
Нормированная база  
данных технологий  
демонтажа



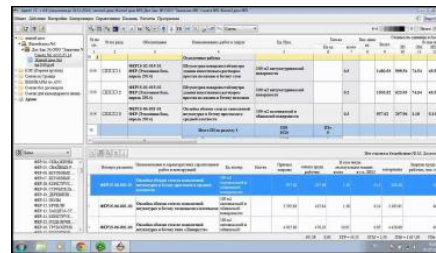
ПО «Проектирование ВЭ»



Нормированная база  
данных технологий  
деактивации



База данных цепочек  
обращения с РАО



Сметная система

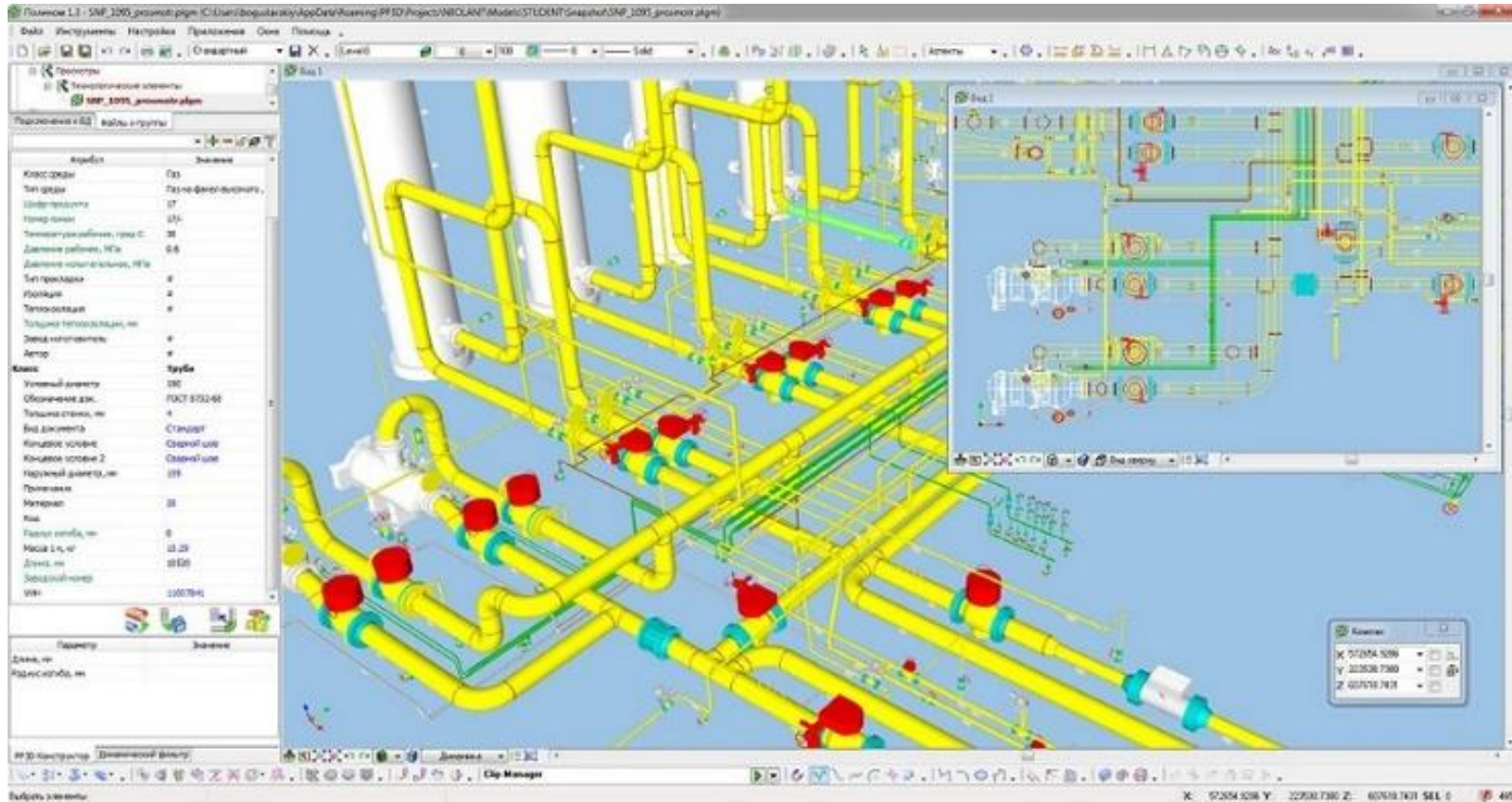


База данных  
номенклатуры  
контейнеров РАО





# Проектирование ВЭ

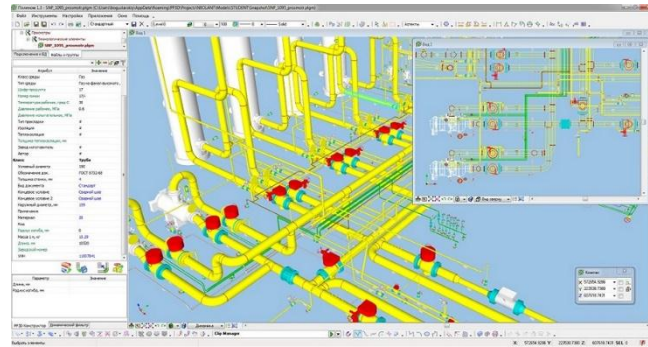


# Проектирование ВЭ

- Детализированный сетевой план-график выполнения работ с указанием людских и иных ресурсов (контейнеров, оборудования для демонтажа).
- Отчет с оценками образования первичных (и вторичных РАО, в случае учета в ПАК DD процедур дезактивации) при ВЭ.
- Отчет с оценками дозовых нагрузок на персонал, выполняющий работы по демонтажу.
- Отчет, показывающий количество потребных контейнеров различного типа и динамику их оборачиваемости (для оборотных контейнеров).
- Отчет, показывающий технологические цепочки переработки/транспортировки РАО на площадке ОИАЭ, включая установки, планируемые к применению в процессе ВЭ, их загруженность/производительность и время работы, затраты на переработку/кондиционирование РАО с указанием стоимостей переработки/кондиционирования на каждой цепочке/установке.



# Обучение персонала





# Обучение персонала

