



**АТОМПРОЕКТ**

Предприятие  
Госкорпорации «Росатом»

# АО АТОМПРОЕКТ

**«Эволюция проекта АЭС-2006 в  
соответствии с европейскими нормами и  
специальными требованиями Заказчика»**

Начальник ТУ-3  
Ильинский К.М.

Москва  
14.10.2015

## О компании

АО «АТОМПРОЕКТ» создано путем присоединения ОАО «Санкт-Петербургский «Атомэнергопроект» к ОАО «Главный институт «ВНИПИЭТ» в 2013 году. В 2014 году предприятие получило новое название – АО «АТОМПРОЕКТ».

Компания является ведущим проектным предприятием Госкорпорации «Росатом», осуществляющее комплексное проектирование объектов атомной отрасли, научные исследования и разработку ядерных энерготехнологий нового поколения

Общество проектирует АЭС со всеми типами реакторов, разделительные и радиохимические производства, осуществляет проектное сопровождение объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) на всех этапах жизненного цикла

Предприятие является одним из участников проекта «ПРОРЫВ» - комплекса технологий замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах.



📍 NPP 📍 Industry 📍 TPP and GRES



## Текущие проекты

### Атомные электростанции

#### В стадии сооружения

Выпуск рабочей документации

- Белоярская АЭС (э/б 4, БН-800)
- Тяньваньская АЭС, Китай (э/б 3-4, ВВЭР-1000)
- Ленинградская АЭС (э/б 1-2, ВВЭР-1200)
- Белорусская АЭС (э/б 1-2, ВВЭР-1200)

#### В стадии проектирования

Выпуск проектной документации  
для лицензирования

- АЭС «Ханхикви-1» (э/б 1, ВВЭР-1200)
- АЭС «Пакш-2» (э/б 5-6, ВВЭР-1200)

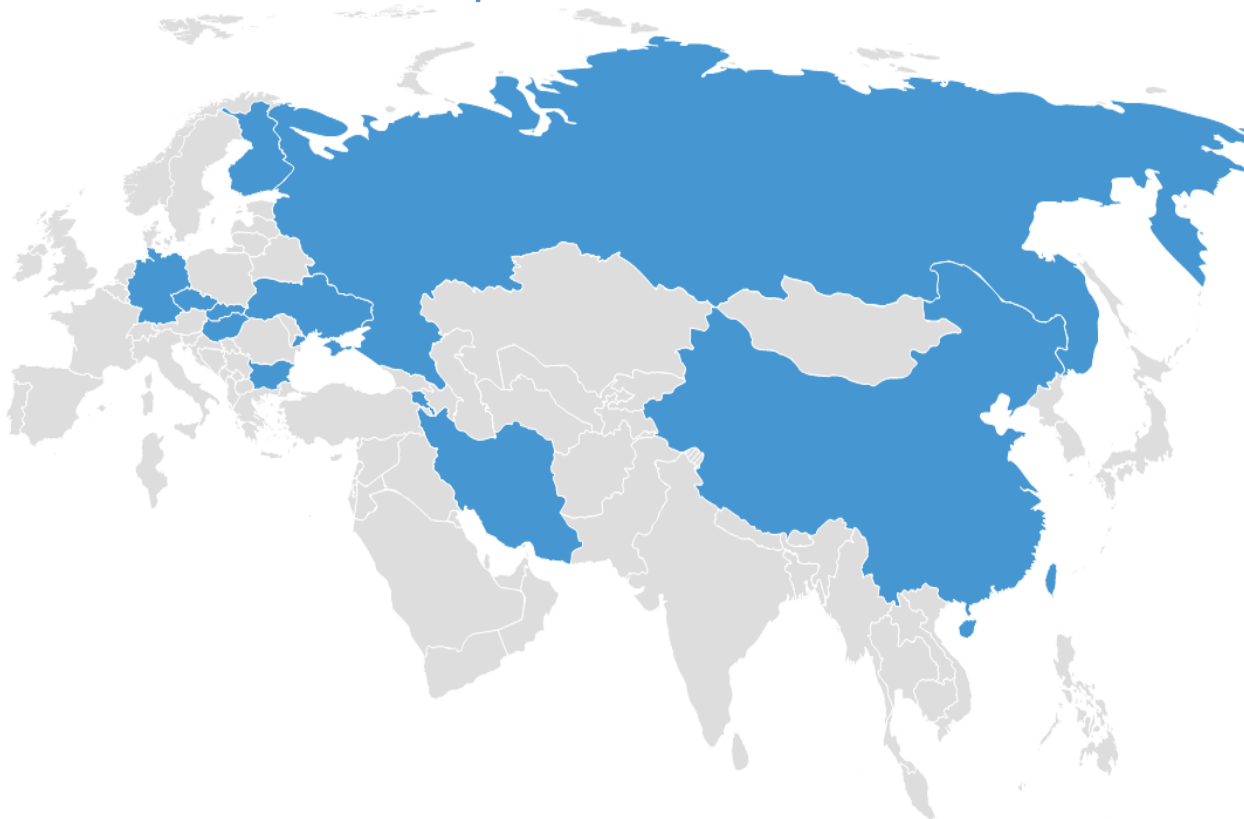
#### В стадии предконтрактных переговоров

- АЭС «Ниньтхуан-1», Вьетнам
- АЭС «Эль-Дабаа», Египет



## АЭС с ВВЭР компании Росатом одни из наиболее референтных в мире

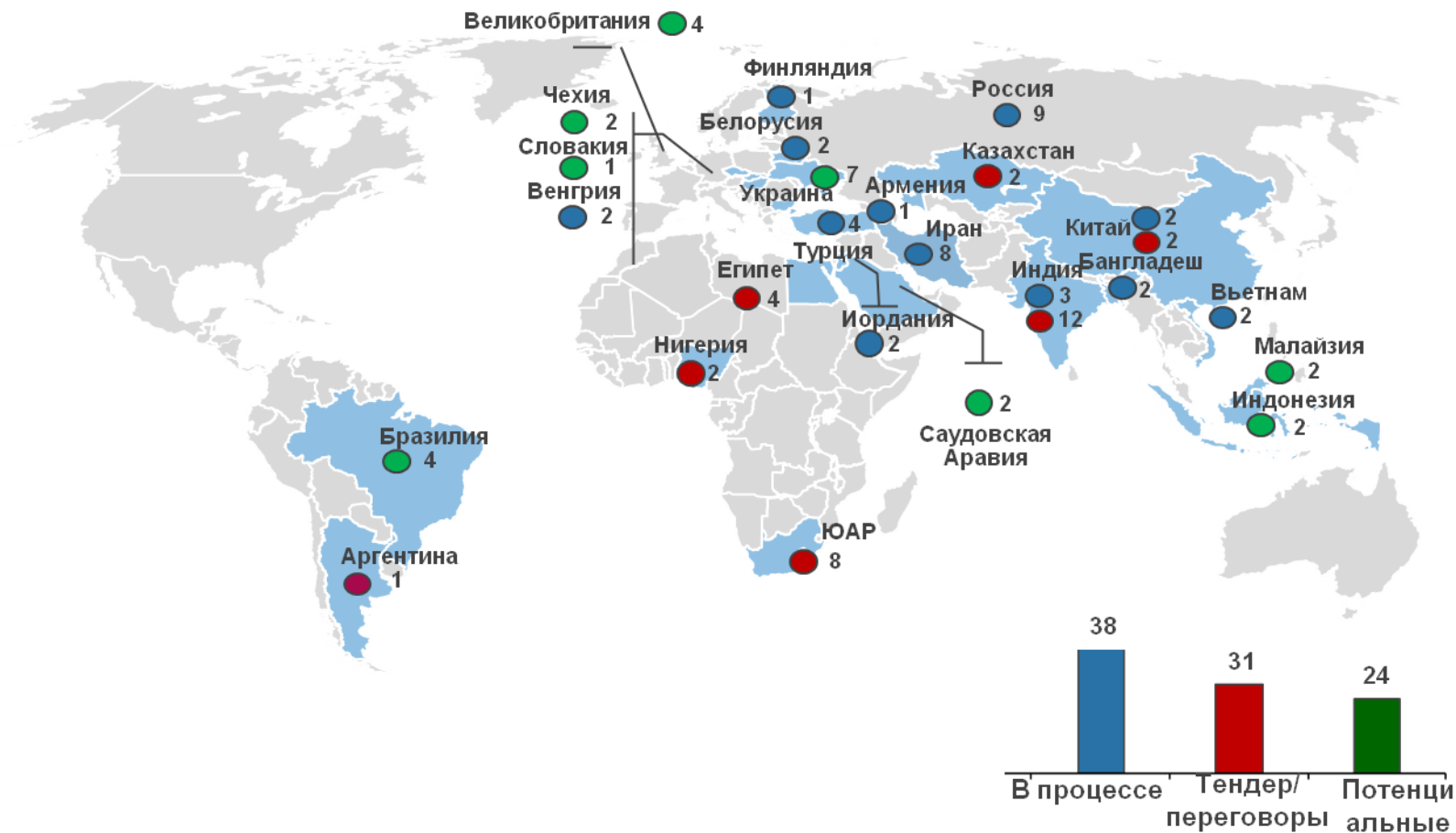
### Глобальная карта ВВЭР



Страна	Сооружено	В эксплуатации
Армения	2	1
Болгария	6	2
Китай	2	2
Чехия	6	6
Финляндия	2	2
Германия	6	-
Венгрия	4	4
Иран	1	1
Индия	1	1
Россия	20	18
Словакия	6	4
Украина	15	15
<b>ИТОГО</b>	<b>71</b>	<b>56</b>

Все реакторы, спроектированные по российским технологиям, включая 38 энергоблоков ВВЭР эксплуатирующиеся за пределами России, успешно прошли стресс-тесты. Среди них 18 блоков ВВЭР в 5 европейских странах.

## АЭС с ВВЭР компании Росатом приветствуют по всему миру



Перспектива сооружения АЭС компании Росатом составляет более 90 энергоблоков

## Эволюция проектов ВВЭР (первый этап)



## Эволюция проектов ВВЭР (второй этап)

ВВЭР-1200 (АЭС-2006)	Подготовка заявки для GIN6	Заявка на достройку АЭС Темелин	АЭС Ханхикиви-1	АЭС Пакш-2
Усовершенствованный проект АЭС, увелич. мощность и пассивные средства безопасности для ЗПА	YVL, DEC требования. Дополнительные требования к анализам безопасности и функциональному различию	Требования Заказчика - EUR-C, - Чешские нормы в атомной энергетике	Новые YVL 2013 требования с учетом рекомендаций WENRA	Венгерское законодательство (включая новую редакцию Ядерного Кода Безопасности 2015) EUR-D
Проект: ЛАЭС-2, БелАЭС	Тематические отчеты по различию, физическому разделению, защите от падения самолета в STUK	Подготовка заявки на достройку – 24 тома, более 10 тысяч страниц	Выпуск документации для лицензирования	Выпуск документации для лицензирования
				
2006	2009	2012	2013	2014-2015

## Эволюция средств безопасности в проектах ВВЭР

ВВЭР-1000 (В-320)	ВВЭР-1000 (АЭС-91)	VVER-1200 (AES-2006)	VVER-1200 (Hanhikivi-1 NPP)
3 канала безопасности	4 канала безопасности	4 канала безопасности	4 канала безопасности
Одинарная защитная оболочка	Двойная защитная оболочка	Двойная защитная оболочка	Двойная защитная оболочка
	Средства для упр. тяжелыми авариями (ловушка, дожигатели H <sub>2</sub> , бак щелочи 2м <sup>3</sup> ...)	Средства для управления тяжелыми авариями	Средства для управления тяжелыми авариями
	Повышенная сейсмоустойчивость (8 баллов по MSK-64 для МРЗ)	Повышенная сейсмоустойчивость	Повышенная сейсмоустойчивость
		СПОТ 30 и СПОТ ПГ	СПОТ 30 и СПОТ ПГ
		Независимость от внешних источников электричества 72 часа	Независимость от внешних источников электричества 72 часа
		Баки аварийного запаса воды внутри 30	Баки аварийного запаса воды внутри 30
			DEC – расширенный перечень аварий и внеш. воздействий



## Основания для новых проектных решений на АЭС Ханхикиви-1

1. Современные нормативные требования, коды и стандарты (новая версия финского стандарта YVL от 2013, EUR, WENRA)
2. Требования Заказчика (тысячи специальных требований)
3. Условия площадки (исходные данные для проекта)

## Новые требования (инженерно-строительные и генплан)

### 1. Значительно увеличенные характеристики внешних воздействий, определенных как экстремальные воздействия (DEC):

- Падения тяжелого коммерческого самолета с массой до 400 тонн, в то время как в проекте ВВЭР-1200 для ЛАЭС-2 рассматривался только легкий самолет с массой 5,7 тонн.
- Сейсмическая нагрузка с пиковым горизонтальным ускорением  $PGA = 0.35g$

### 2. Более строгие требования:

- Проектный срок для конструкций 100 лет, в то время как для ЛАЭС-2 ВВЭР-1200 для ЛАЭС-2 составляет 60 лет
- Пространство для обслуживания оборудования
- Максимальная площадь помещений для электротехнического оборудования не должна быть более 100 м<sup>2</sup>.
- Минимизация оперативного персонала станции

### 3. Учет рассмотрение последующих модернизаций:

- Дополнительное пространство в зданиях, помещениях для электрики и СКУ (приблизительно +20%) для подтверждения осуществимости модернизаций

## Новые требования (ядерная и радиационная безопасность)

1. Новый приемочный критерий радиационного воздействия на население при DEC (не более чем **20 мЗв**):
  - Аварии с дополнительными последствиями отказов
  - Экстремальные внешние воздействия
2. Принципы независимости и различия должны быть применены в подходе к глубокоэшелонированной защите
3. Система классификации по безопасности изменена по сравнению с референтной АЭС
4. Дополнительные анализы по безопасности
5. Процесс проектирования и управление требованиями
6. Требования к следованию за нагрузкой от Заказчика и национальной электрической сети

## Влияние новых требований на проект (Часть 1)

### Построение иерархической структуры защиты в глубину

Средства обеспечивающие выполнение функций безопасности на каждом уровне – должны быть независимы от других уровней

Уровень ГЭЗ	Набор средств		
Уровень 1	КСК-1	<b>Обеспечение безопасности</b>	Системы НЭ и системы важные для безопасности
Уровень 2	КСК-1+		
Уровень 3а	КСК-2		Системы безопасности
Уровень 3б	КСК-3		Специальные инженерные средства для управления режимами DEC
Уровень 4	КСК-4		Специальные инженерные средства для управления режимами тяжелых аварий

Каждый набор средств (конструкций, структур и компонентов – КСК) включает:  
-Механическое оборудование, СКУ, электрическое и т.п.

Автономность - 72 часа



- класс безопасности 2



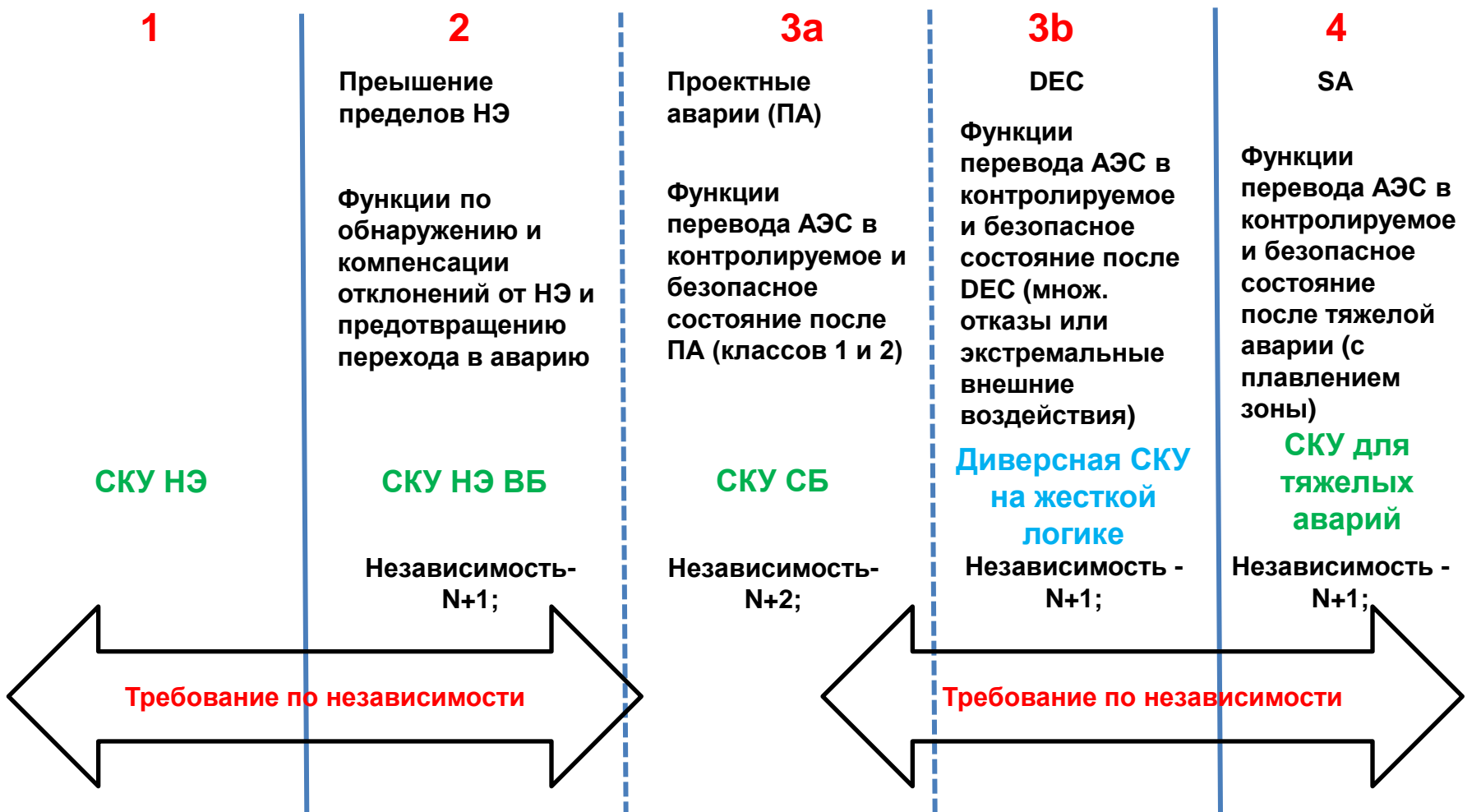
- класс безопасности 3



- класс безопасности 3 и неклассифицированные

## Влияние новых требований на проект (Часть 2)

### Применение подхода защиты в глубину для АСУ ТП для АЭС Ханхикиви-1 в соответствии с YVL



## Влияние новых требований на проект (Часть 3)

### Модернизация систем электроснабжения для АЭС Ханхикиви-1 по сравнению с референтной АЭС (ЛАЭС-2)

Потребители	Источники электроснабжения	
	ВВЭР-1200 (ЛАЭС-2)	ВВЭР-1200 (АЭС Ханхикиви)
<b>Потребители НЭ</b>	- 2 основных трансформатора; - 2 резервных трансформатора; - турбогенератор;	- 2 основных трансформатора; - 2 резервных трансформатора; - турбогенератор;
<b>Оборудование НЭ с высокой стоимостью</b>	1 дизель-генератор, аккумуляторная батарея НЭ	1 дизель-генератор для ТО, аккумуляторная батарея для ТО
<b>Системы НЭ важные для безопасности</b>		2 дизель-генератора для ЯО, аккумуляторные батареи для ЯО
<b>Системы безопасности</b>	4 аварийных дизель-генератора, аккумуляторные батареи для аварийного электроснабжения	4 аварийных дизель-генератора, аккумуляторные батареи для аварийного электроснабжения
<b>Средства для DEC</b>	1 мобильный дизель-генератор для ЗПА, аккумуляторная батарея для ЗПА	2 дизель-генератора для ЯО, аккумуляторные батареи для DEC
<b>Средства для тяжелых аварий</b>		2 дизель-генератора для тяжелой аварии, аккумуляторные батареи для тяжелой аварии

## Влияние новых требований на проект (Часть 4)

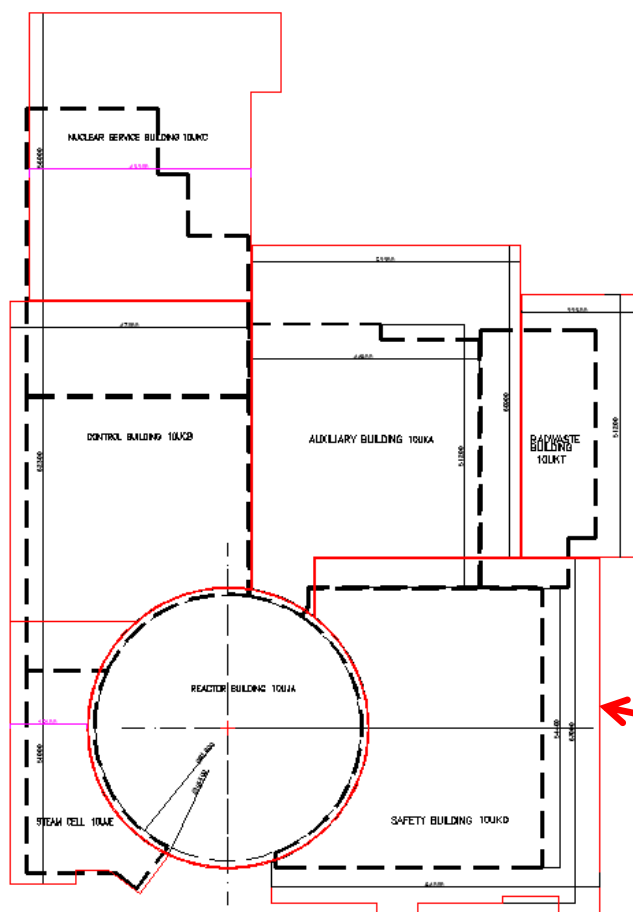
### COMPARISON OF NUCLEAR ISLAND LAES-2 & HANHIKIVI-1

1. Толщина стен и устойчивость конструкций увеличена в по результатам рассмотрения влияния экстремальных внешних воздействий (DEC-C):

- Влияние падения тяжелого коммерческого самолета;
- Экстремальная сейсмическая нагрузка;
- Высокая нагрузка от торнадо.

2. Увеличение в объемах помещений и как следствие геометрии конструкций в результате повышенных требований к пространству для обслуживания оборудования

3. Высокие параметры воздуха и охлаждающей морской воды в по сравнению с референтным блоком

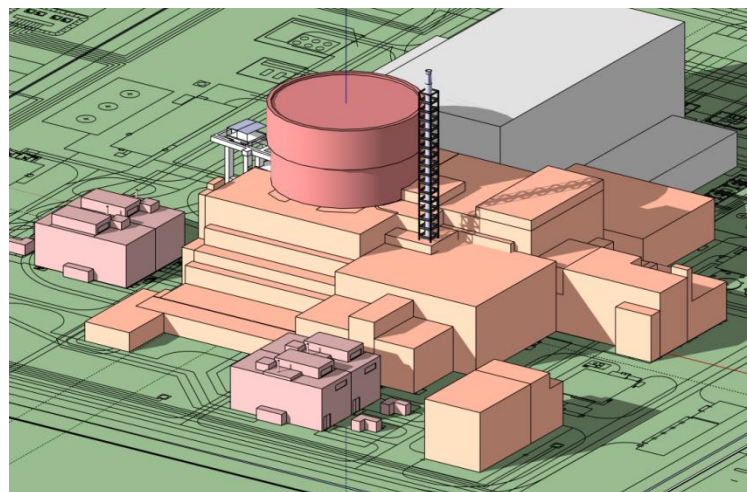
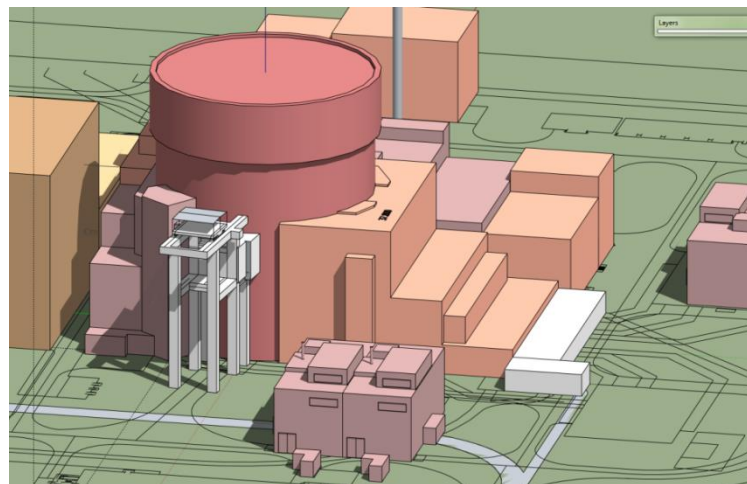
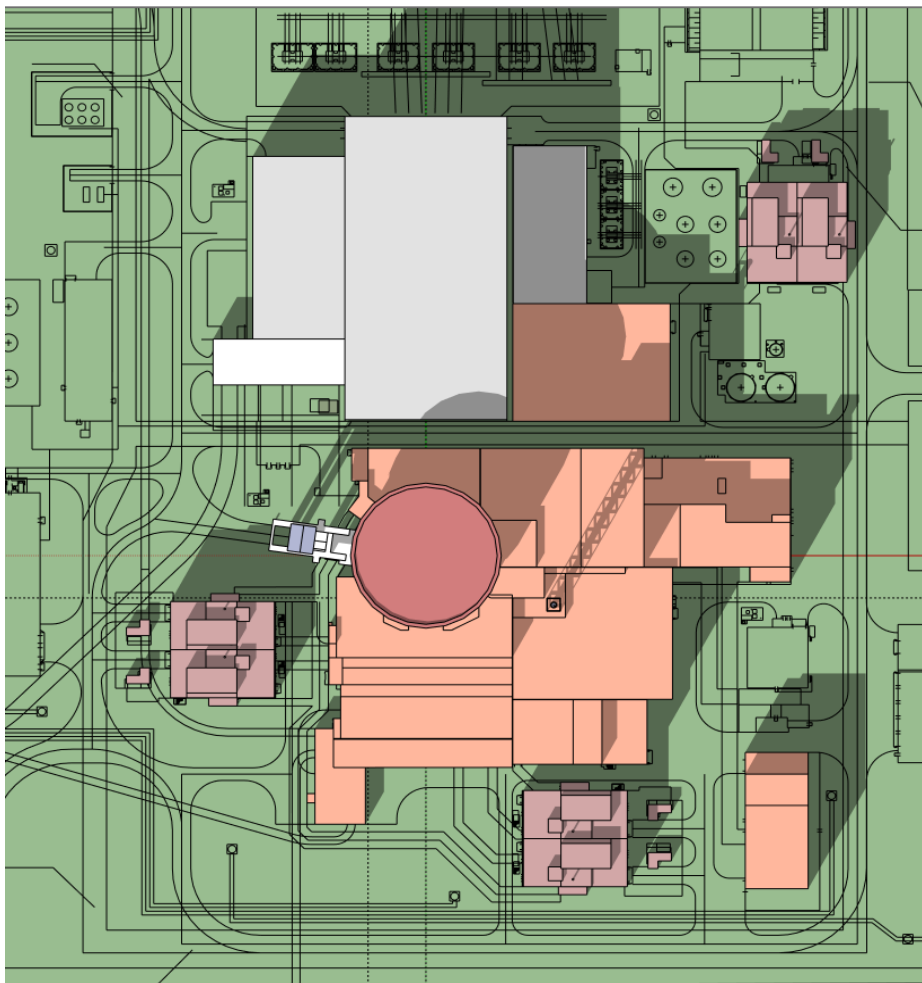


Сравнение внешних размеров зданий ядерного острова для ЛАЭС-2 (черные линии) и АЭС Ханхикиви-1 (красные линии)





## Генплан АЭС Ханхикиви-1 (Часть 2)



## Текущая стадия проекта АЭС Ханхикиви-1

- Сейчас на стройплощадке АЭС «Ханхикиви-1» завершаются изыскательские работы. Специалисты АО «АТОМПРОЕКТ» участвуют в процедуре контроля исполнения и технической приемке этих работ.
- До конца года АТОМПРОЕКТ передаст Заказчику значительные объемы документов по архитектурным, технологическим решениям, компоновке площадки, системам водоснабжения, водоотведения, электрификации.
- Ранее АТОМПРОЕКТ уже направил Заказчику первоочередную проектную документацию, которая позволила начать процесс лицензирования российского проекта в финском надзорном органе STUK.

- Постоянное взаимодействие с Европейскими Заказчиками помогает нам понять требования и найти лучшие решения как с точки зрения безопасности так и экономической эффективности
- Понимая, что проектирование АЭС происходит в несколько этапов, мы с интересом ожидаем стадии проектирования DD. В будущем некоторые модернизации могут быть выполнены не только чтобы улучшить безопасность, но также снизить эксплуатационные издержки Заказчика
- Современное программное обеспечение (Smart Plant P&ID, 3D, Foundation, etc.) и комплексные моделирующие программные коды, такие как Виртуальный Энергоблок обеспечивают подтверждение правильности и актуальности проектных решений.

**Спасибо за внимание!**