



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

«Цифра» в проектировании АЭС

АО «Атомэнергoproект»

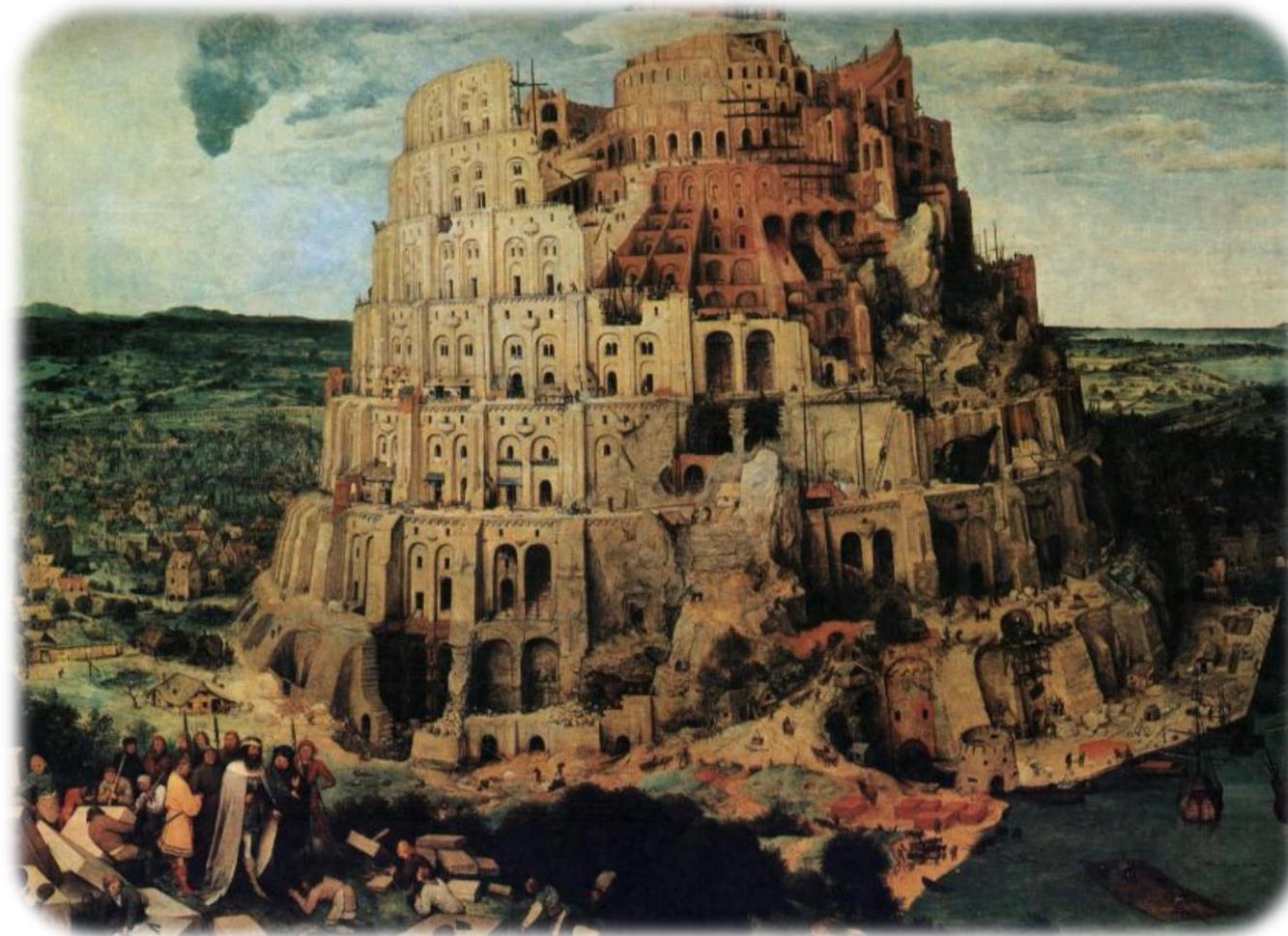
Агафонов Алексей Геннадьевич
Заместитель генерального директора по сопровождению
и развитию проектного производства

23.04.2025

Сооружение сложных инженерных объектов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

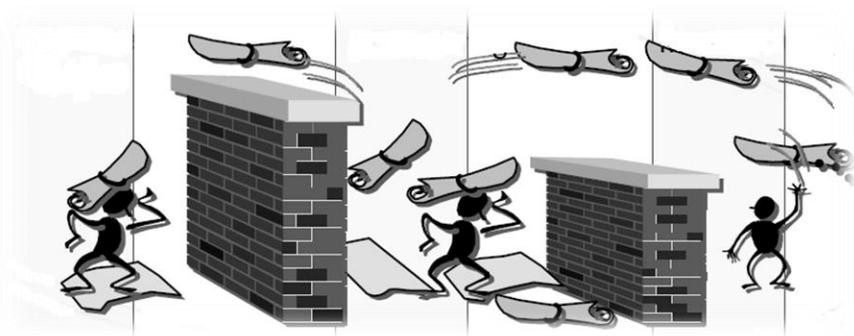


Смена парадигмы №1

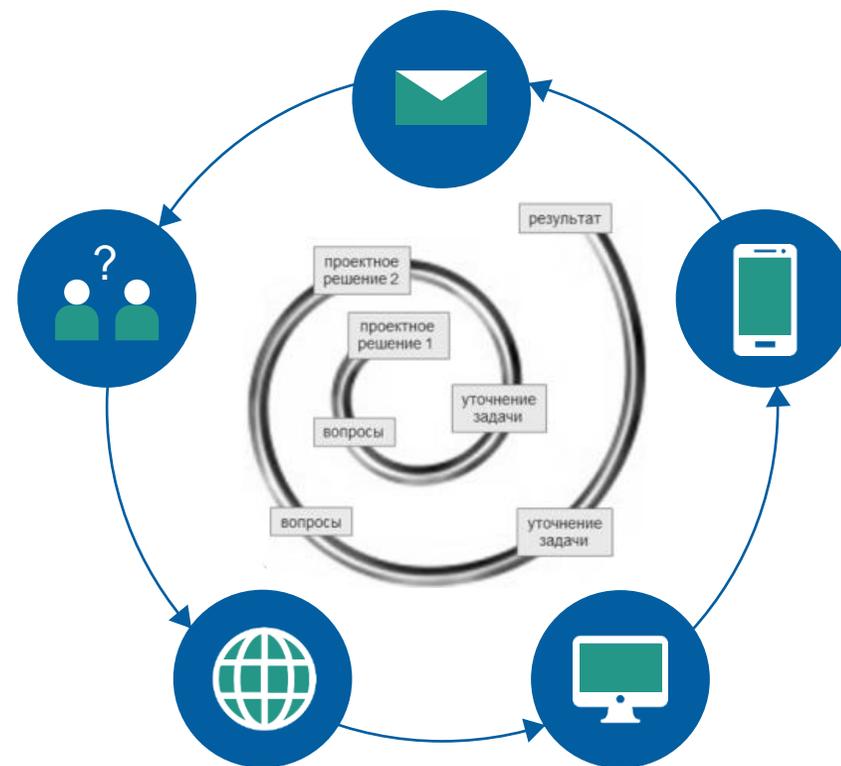


АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

Работа в «колодцах»



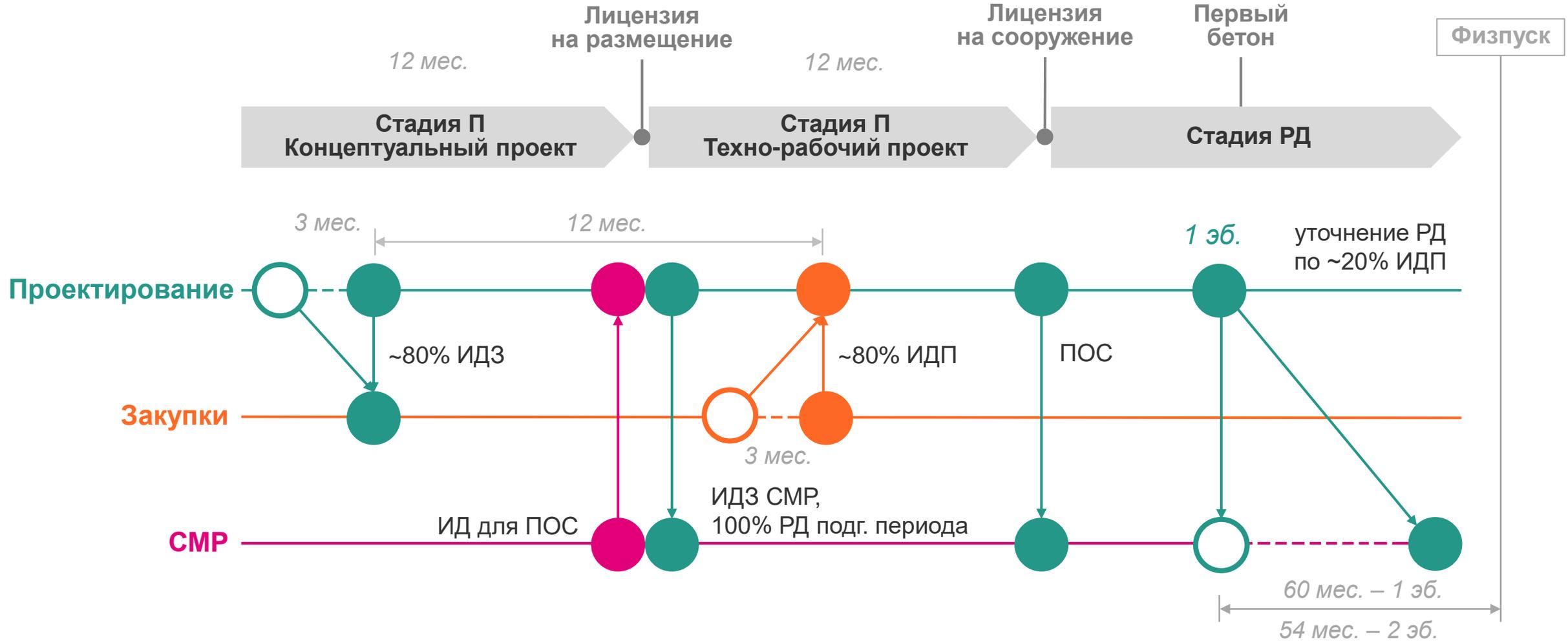
Совместный инжиниринг



Двухэтапное проектирование на стадии «П»



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

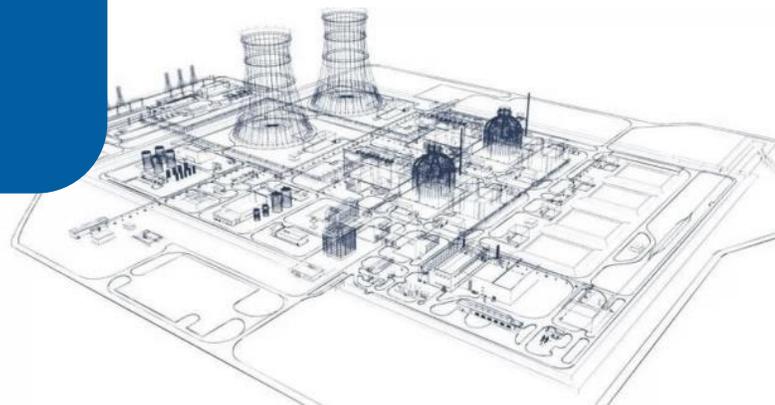




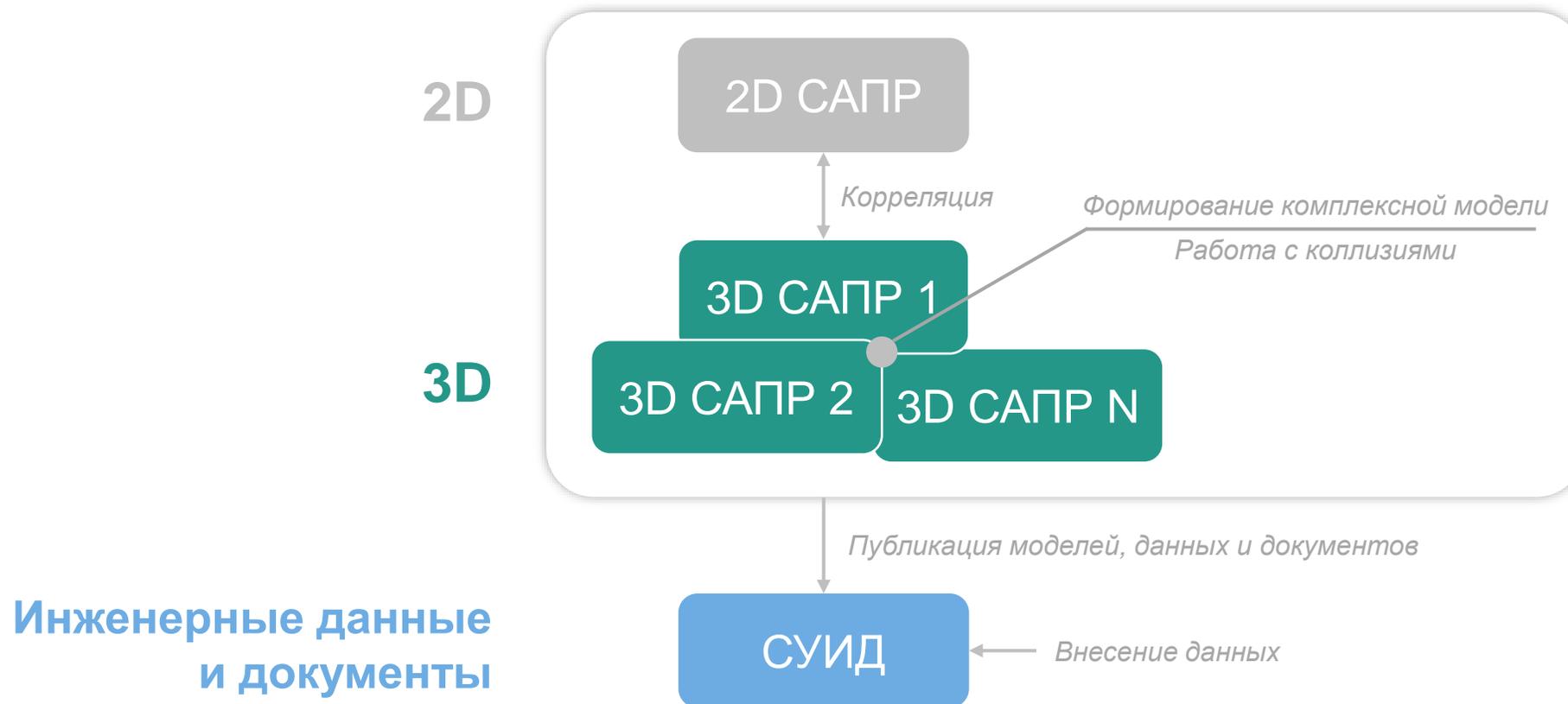
Цифровое проектирование — основа создания цифровых цепочек кооперации участников проекта сооружения АЭС в целях создания информационной модели АЭС (далее, ИМ), как цифрового актива и инструмента управления проектом сооружения

В 2024 году в Инжиниринговом дивизионе выпущен проект МУ по цифровой рабочей документации (ЦРД) = **требования к цифровым цепочкам кооперации в части данных**

В основе — **тянущая система**



Смена парадигмы №2

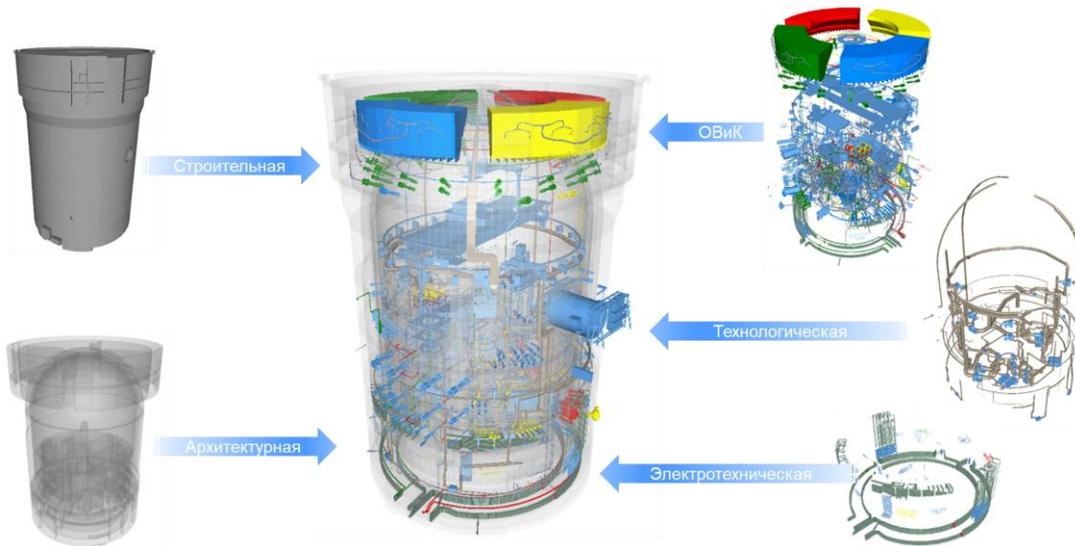


ИМ – часть проектной продукции!

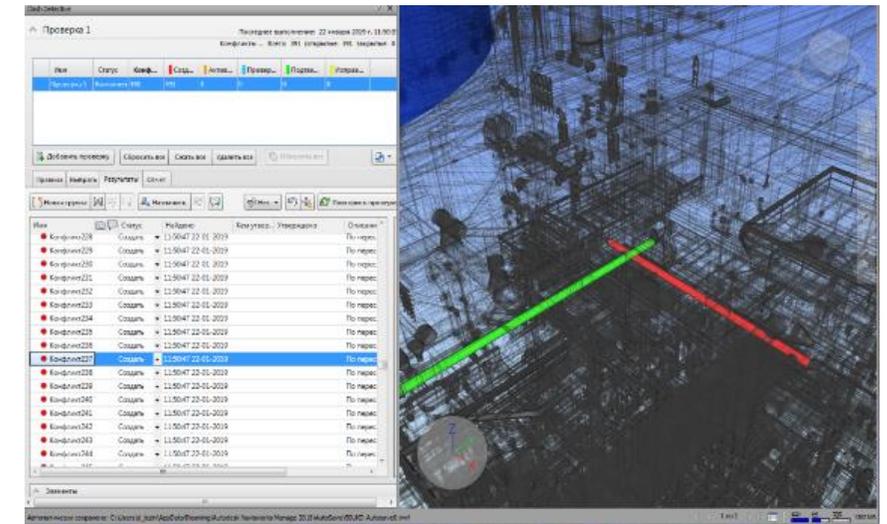
Формирование комплексной 3D-модели АЭС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



Автоматическая регулярная сборка



1. Автоматический контроль коллизий (геометрические пересечения)
2. Визуальный контроль

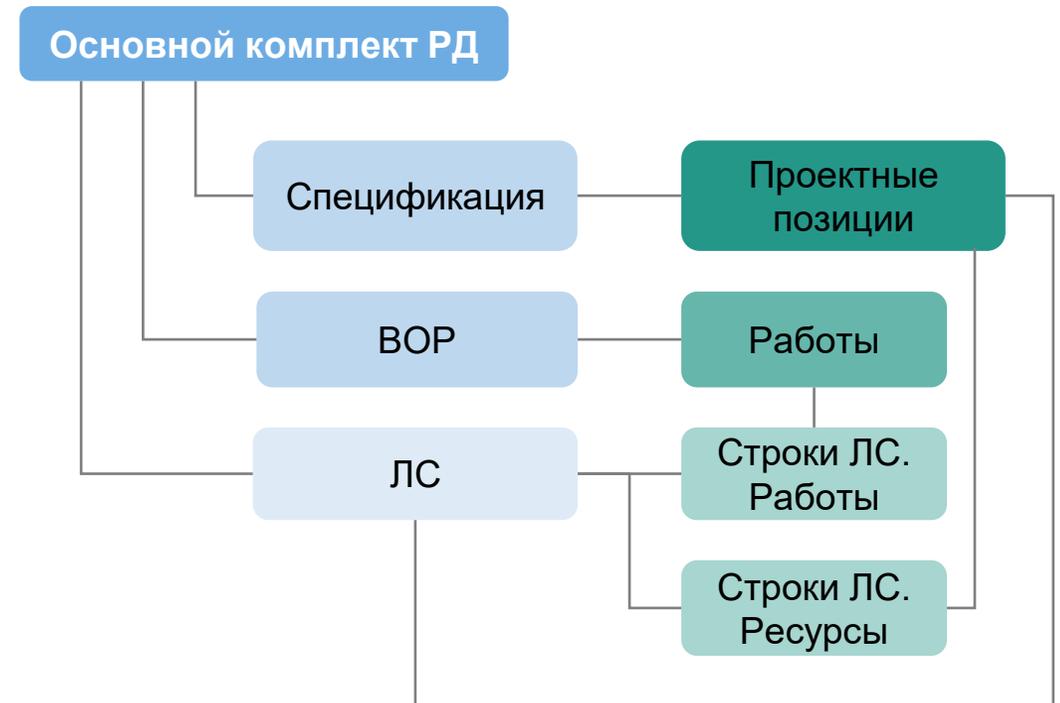
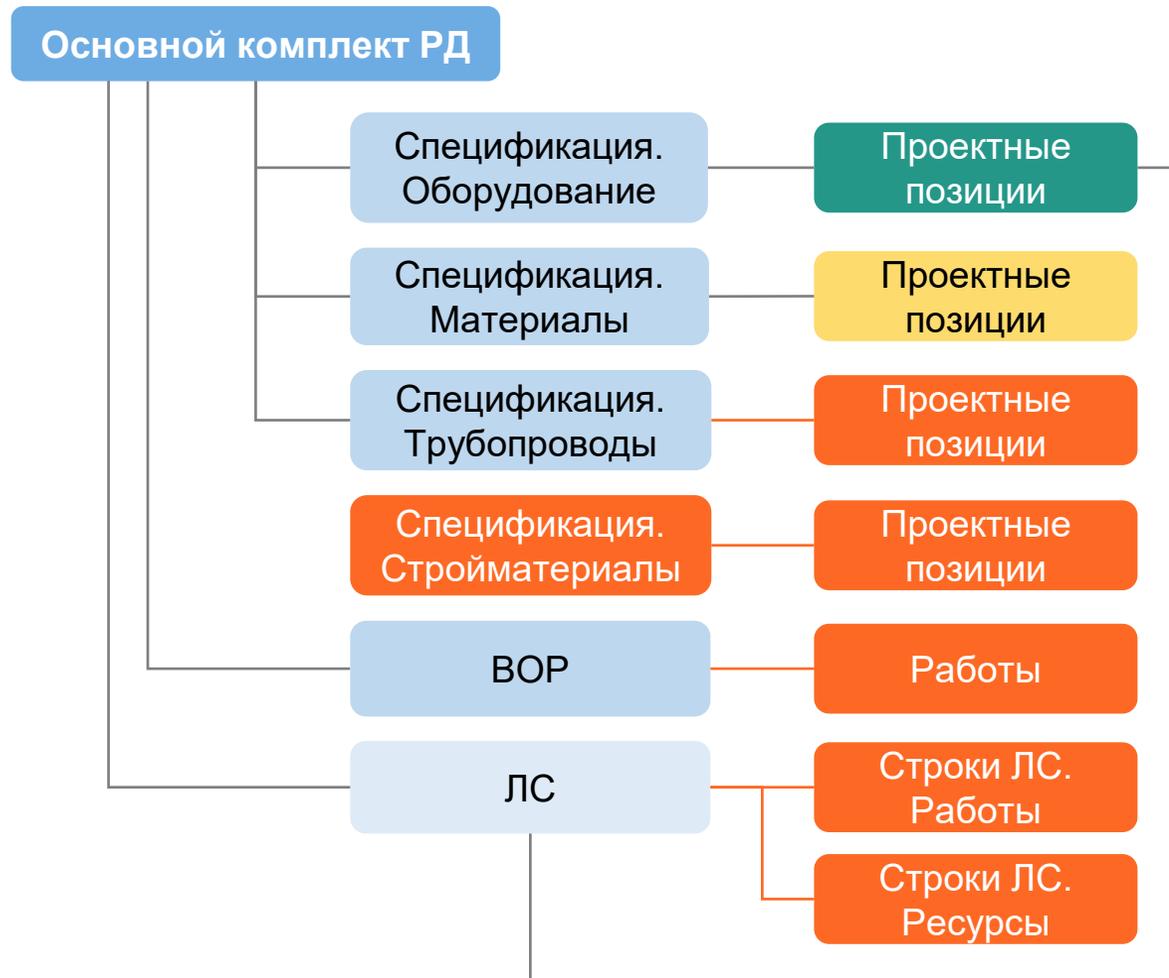
Состав комплекта РД



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



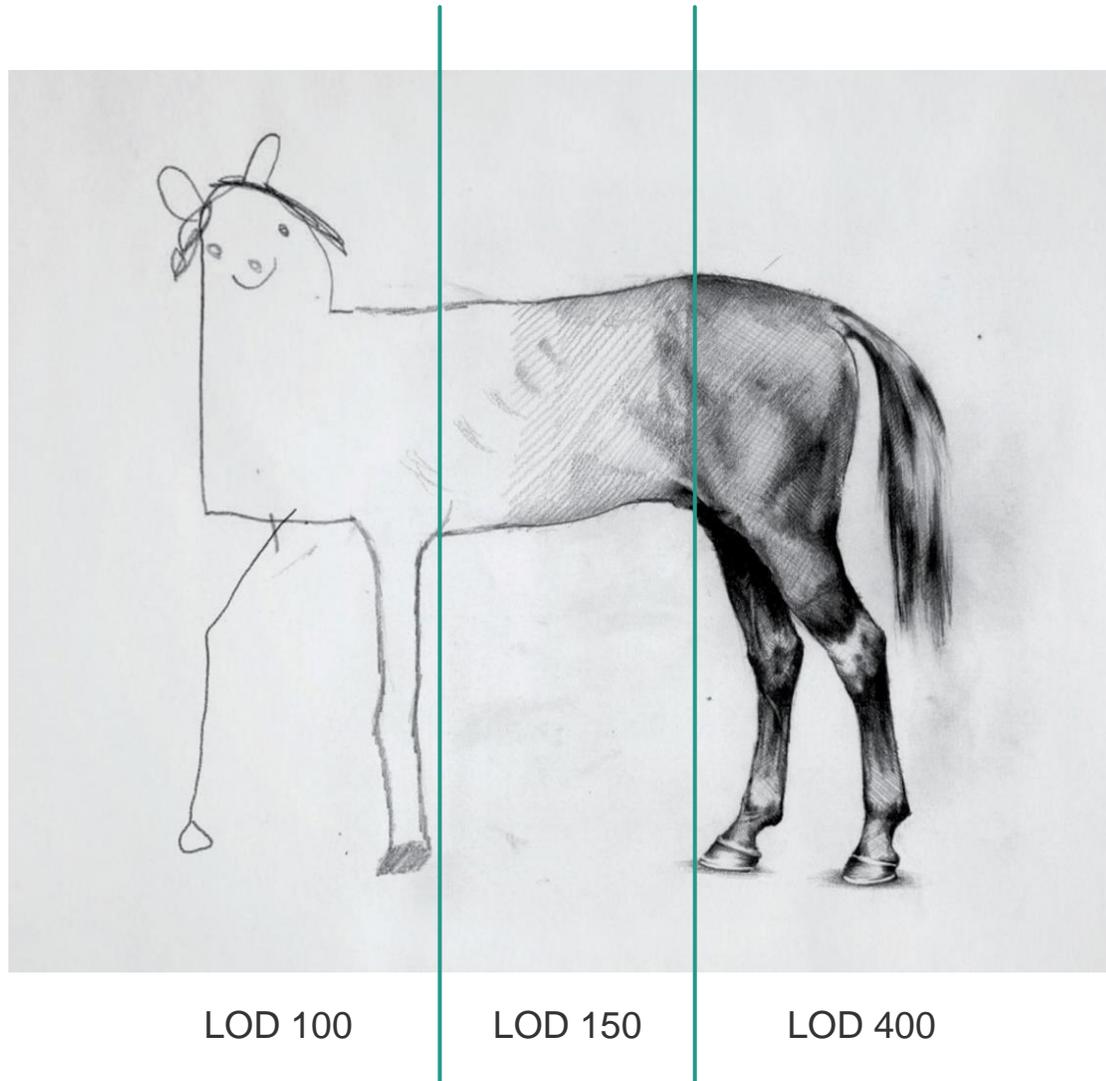
Структура данных в СУИД при создании ЦРД с применением технологии ЦВОР



Смена парадигмы №3



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



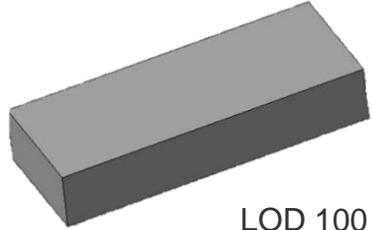
Текущее состояние проекта
в **ЛЮБОЙ** момент разработки

LOD (Level of development) — уровень проработки
LOI (Level of information) — уровень проработки информации

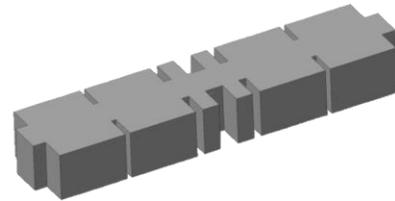
Требования к 3D



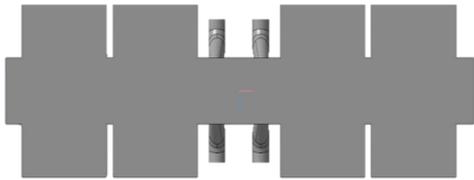
АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



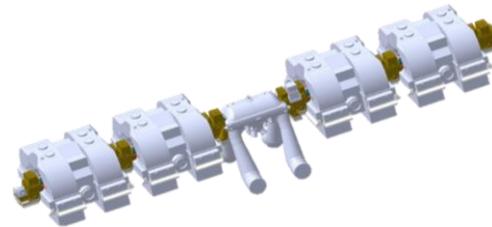
LOD 100



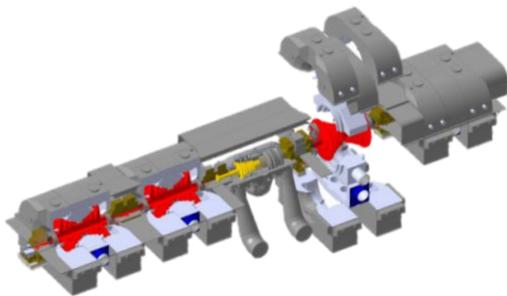
LOD 150



LOD 200



LOD 300



LOD 400

В 2024 году в Инжиниринговом дивизионе выпущен проект МУ по 3D-модели = **требования к цифровым цепочкам кооперации в части 3D (детализация, атрибутивный состав, форматы обмена)**

В основе — **тянущая система**

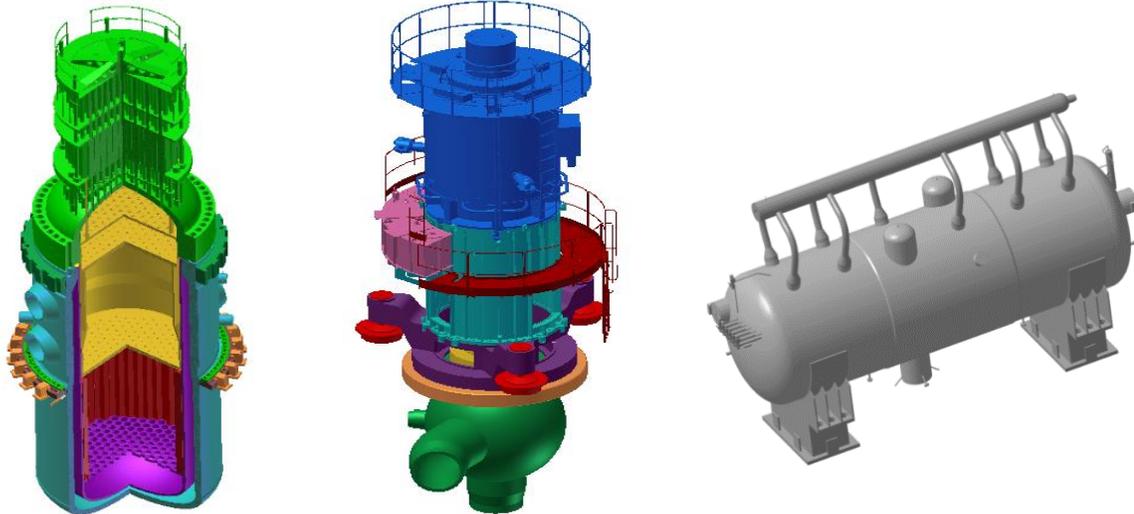
Каталог оборудования



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

Каталог обеспечивает

- полноту наполнения проектных позиций каталожными атрибутами
- данными технологию моделирования СМР и ремонта оборудования в 3D



- ✓ **Единые правила**
технического описания продукции АЭС
- ✓ **Наполнение базы данных**
продукции для АЭС
- ✓ **Множественное использование**
однажды внесенных данных
- ✓ **Обмен данными** со смежными
информационными системами

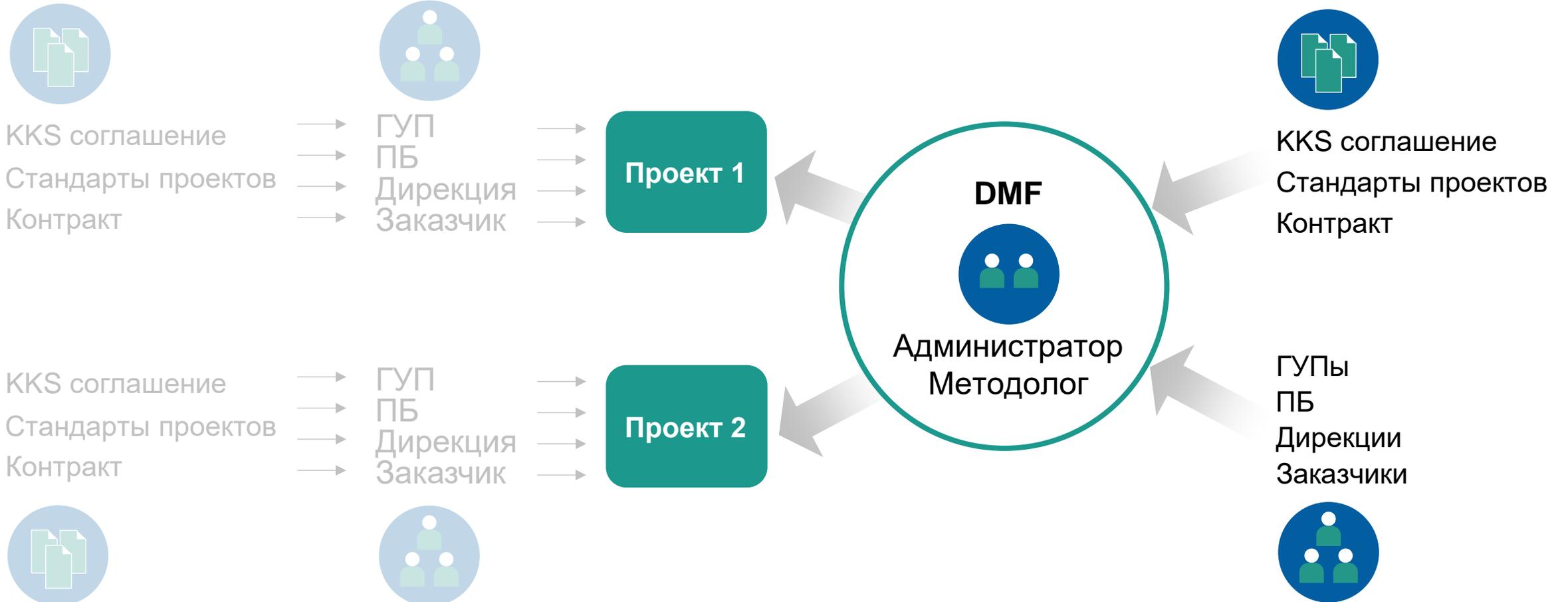
Система ведения справочников (DMF)



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

Было

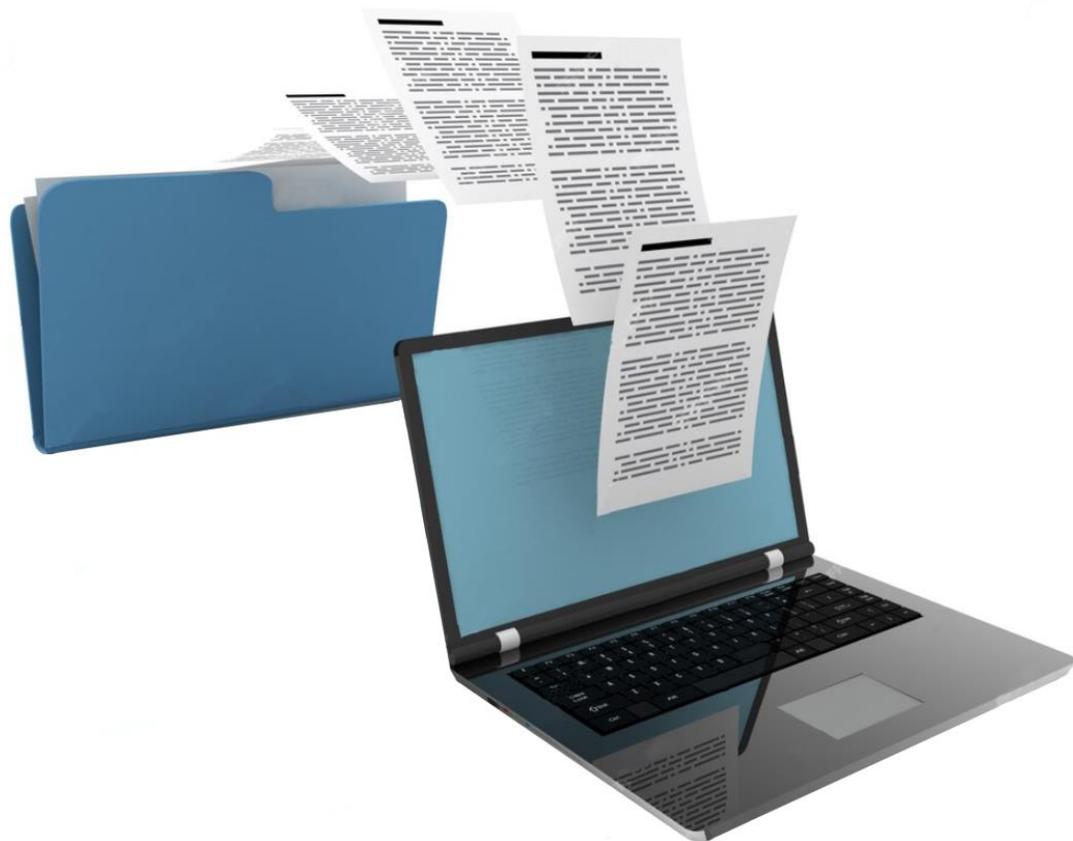
Стало



Смена парадигмы №4



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



Замена бумаги «цифрой»

Цифровые опросные листы проектной потребности



ЦОЛПП — структурированная табличная форма представления класса продукции для фиксации параметризованных свойств проектной потребности и предложений поставщиков

Область параметризованных проектных требований

Условия сравнения (при наличии)

Значения от поставщика

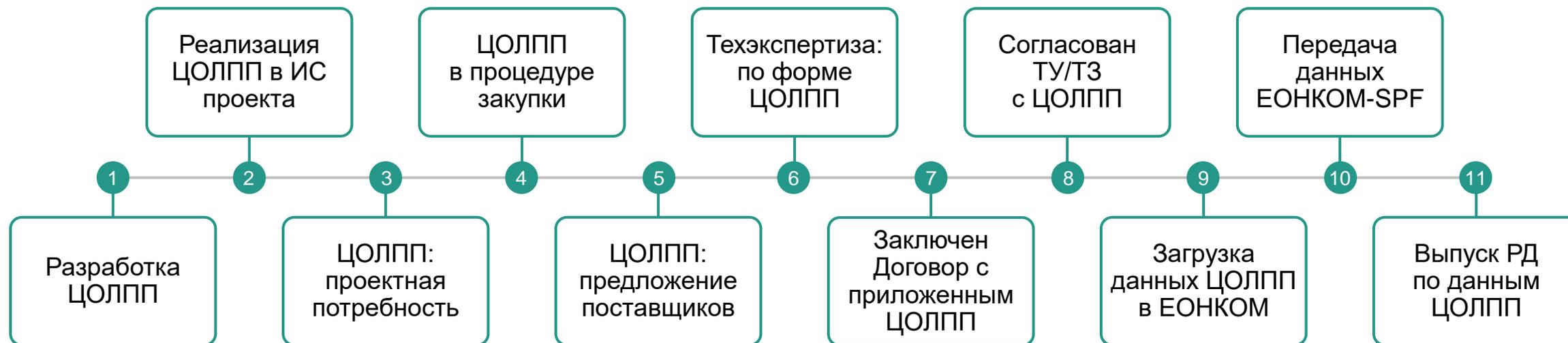
ЦОЛПП Воздушно-тепловые завесы КЭВ-9ПЗ011Е					Предложение «Name»						
Основные требования					Дата заполнения поставщиком: 01.01.1900						
0	Наименование атрибута	НТД	Ед. изм.	Проектное значение	Тип отклонения	Относительное отклонение		Абсолютное отклонение	Значение поставщика	ез-т	
						-	+	-	+		
1	Наименование			Завеса воздушно-тепловая	равно					Завеса воздушно-тепловая	✓
2	Обозначение продукции (марка) прототипа			КЭВ-9ПЗ011Е	равно					КЭВ-9ПЗ011Е	✓
3	ТУ (ТЗ) прототипа				равно						•
4	Объект			Курская АЭС-2	равно					Курская АЭС-2	✓
5	Блок				равно						•
6	Код проектной позиции			00SAK11AH001 00SAK11AH002 00SAK11AH003	равно					00SAK11AH001 00SAK11AH002 00SAK11AH003	✓
7	Здание			00USV	равно					00USV	✓
8	Класс безопасности	НП-001-15		4	равно						△
9	Категория сейсмостойкости	НП-031-01		III	равно						△
10	Группа оборудования	НП-089-15		-	равно						△
11	Категория обеспечения качества	СТО СМК-ПКФ-015-06		QA4	равно						△
12	Тип атмосферы на объекте применения	ГОСТ 15150-69		II	равно						△
13	Верхнее значение температуры воздуха при эксплуатации		°C	35	равно или более						△
14	Нижнее значение температуры воздуха при эксплуатации		°C	5	равно или менее						△
15	Верхнее значение относительной влажности воздуха при эксплуатации		%	80	равно						△
16	Запыленность воздуха (газа)		мг/м³	10	равно или менее						△
17	Условия хранения	ГОСТ 15150-69		8	равно						△
18	Климатическое исполнение	ГОСТ 15150-69		УХЛ	равно						△
19	Категория размещения	ГОСТ 15150-69		4	равно						△
20	Тип завесы тепловой			Электрическая	равно						△
21	Тепловая мощность		кВт	9	равно						△
22	Номинальная объемная производительность		м³/ч	2200	равно						△
23	Ориентация установки			Горизонтально/Вертикально	равно						△

Индикация совпадения/расхождения

Обмен данными по форме ЦОЛПП для оптимизации процессов при сооружении АЭС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



Снижение издержек на передачу приём и проверку данных между процессами

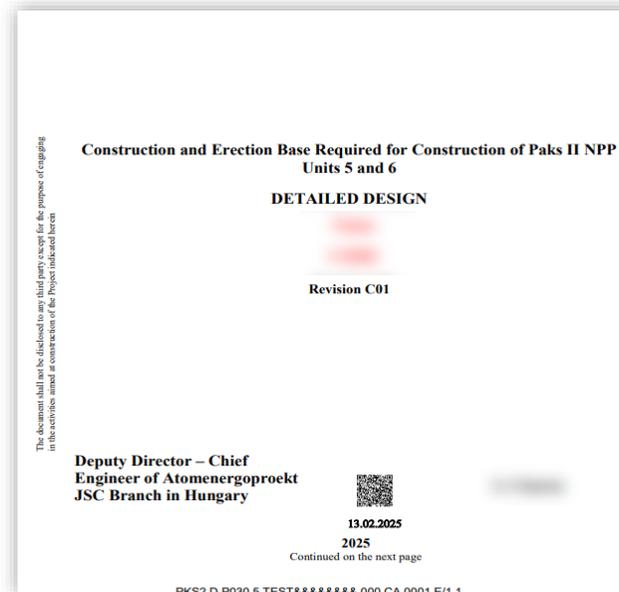
Электронное подписание проектной продукции



В 2024 г. с Венгерским Заказчиком согласована процедура, в которой определены следующие правила:

- Подписание документации со стороны АЭП осуществляется при помощи ПЭП
- Архивные экземпляры документации не передаются Заказчику

*Примеры
подписанной
документации:*



Title page (continued)
**Paks II NPP Units 5 and 6
DETAILED DESIGN
Turbine building (50UMA). Geodetic Work Execution
Plan for Working Elevations from -7.000 to 0.000
PKS2.D.P007.5.0UMA&&&&&&&.015.KE.0002.E
Revision C01**

Step of approval	Date of step completion	User
Developed by	16.09.2024	
Checked by	16.09.2024	
Checked by	16.09.2024	
Checked by	17.09.2024	
Checked by	19.09.2024	
Metrological examination	19.09.2024	
Checked by	23.09.2024	
Translated by	25.09.2024	
Quality inspection	27.09.2024	

Электронное подписание проектной продукции *продолжение*



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



Данные доступные для чтения при сканировании ПЭП:

- Шаг процедуры (например «Метрологическая экспертиза»)
- ФИО подписанта
- Дата подписания
- OBID (уникальный номер события (9-значный код из букв и цифр) формируется при подписании)

Проверка ПЭП и сроки хранения данных:

- Подпись уникальна и может быть проверена в базе данных внутри СУИД (в том числе по запросу из других систем)
- Сроки хранения данных о событиях не ограничены
- База данных событий может быть выгружена на конкретную дату и передана по запросу (при необходимости)

Портал показателей качества ИМ



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ

- 1 Проверка ошибок ИМ – сравнивает значения атрибутов в СУИД и 2D/3D САПР для ПП*
- 2 Наполненность ИМ в СУИД в объеме документов (спецификации ПД, РД, ОЛПП, 3D модель) – показывает фактическое наполнение данными в сравнении с плановым
- 3 Типовые ошибки (там где пока не ограничено системой) русские символы в кодах, пробелы, неверные списочные значения, коллизии, несоответствие параметров и пр.
- 4 Связи ПП и документов (ПП привязаны к документам) – сравнение плановых связей ПП из графика и фактически привязанных ПП к карточкам документов
- 5 Связи ПП и PBS (оборудование и материалы привязаны к зданиям и системам, не висят в воздухе)
- 6 Связи ПП с прототипом из каталога поставщика (RECPart)
- 7 ...



* ПП - проектные позиции

Что нас ждёт?



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



”

Я не вижу будущее через 10 лет. Для меня стена тумана начинается примерно через 5 лет.

Прогресс является экспоненциальным, поэтому эффект тумана — очень хорошая модель, чтобы описать тот факт, что следующие несколько лет довольно ясны, а через несколько лет после этого все становится абсолютно непрозрачным

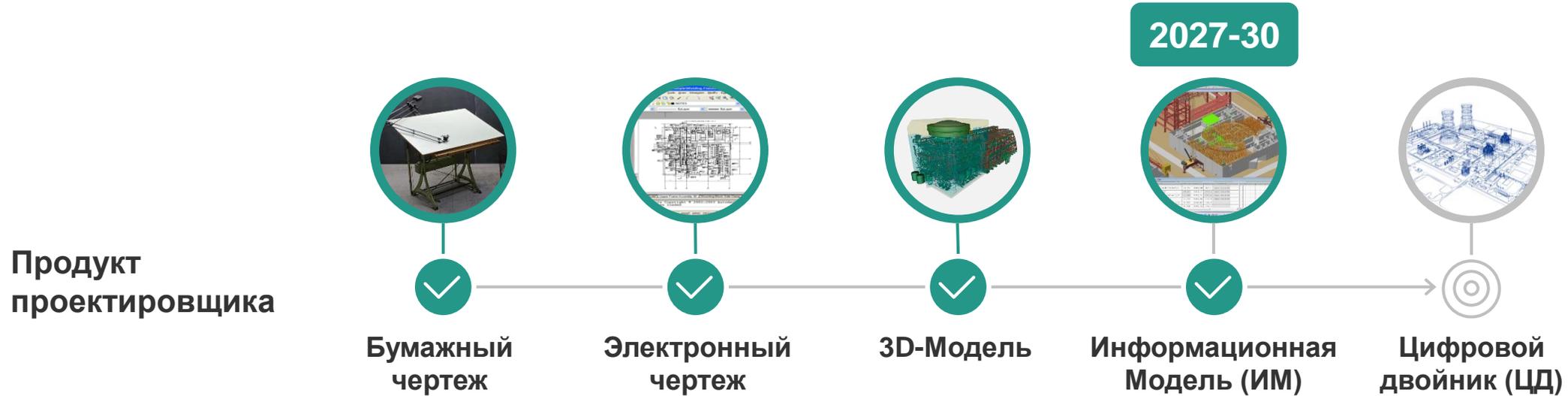
Джеффри Хинтон,

Британский когнитивный психолог и информатик,
наиболее известный работами над искусственными нейросетями

Горизонт 2027-30



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



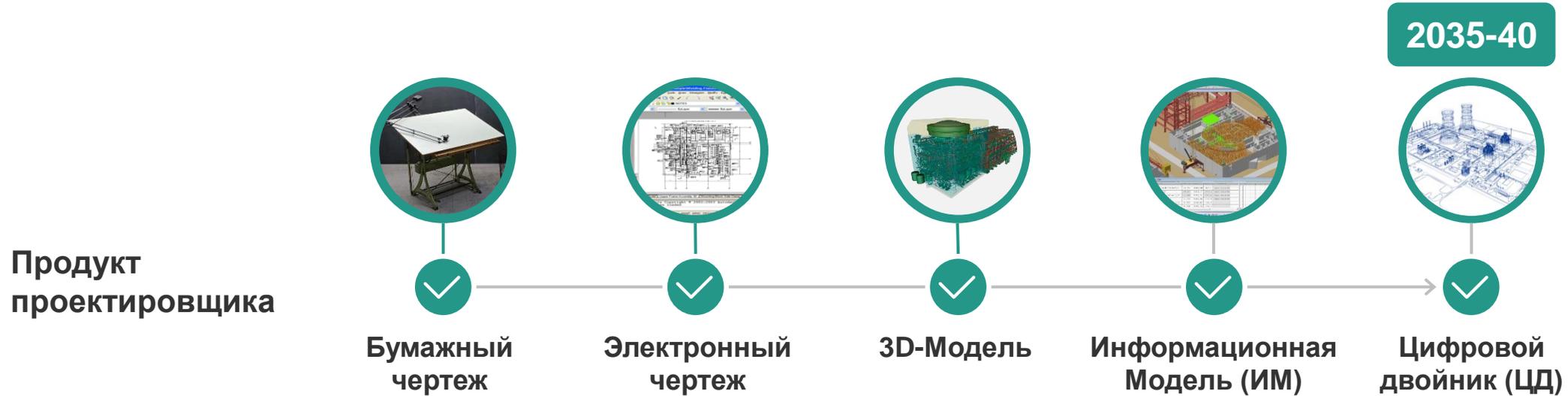
- Полностью цифровой процесс формирования, согласования и контроля качества данных ИМ и документации – 100% ПСД из ИМ, подписание ПСД с помощью электронной цифровой подписи (ЭЦП) + QR-коды. Отказ от «бумаги!»
- ИМ – единый источник правды. 100% отчетов из ИМ
- ИМ содержит комплексную 3D модель, включая объемные показатели с дальнейшим передачей данных в инжиниринг (закупки, СМР)
- Проектирование на базе библиотек типовых решений, каталогов унифицированного оборудования и с учетом накопленного опыта

- Проектирование на базе отечественного ПО. В случае отсутствия, в мультиплатформенных САПР с дальнейшей интеграцией
- Интеграция САПР и расчетного ПО непосредственно в составе цифрового алгоритма проектирования
- Внедрено настроены инструменты, обеспечивающие требуемую прослеживаемость при управлении требованиями, изменениями и конфигурацией
- Применение ИИ при проектировании

Горизонт 2035-40



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ
РОСАТОМ



- ЦД существует с самого начала проекта (как описание варианта конечного продукта) на основе накопленного опыта (аналогов) и учтенных известных исходных данных
- ЦД обеспечивает оценку влияния изменений (проектные, замена оборудования и материалов, технология сооружения и т.д.) на сроки, стоимость, безопасность и прочие заданные параметры практически в режиме реального времени путем моделирования по всей цепочке взаимоувязанных моделей и расчетных кодов (прочностные, мульти-физические, стоимостные, модели сооружения и т.д.)
- ЦД – обучаемая модель на основе данных вариантов моделирования и «цифровой тени» (данных от подключенных «умных станций»)
- ЦД продается по лицензионному контракту на использование (мы собираем данные на всём ЖЦ) – экономика данных

Спасибо за внимание

Агафонов Алексей Геннадьевич

agaonov_ag@aer.ru

04.2025