



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

Отраслевой центр компетенций  
«ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

# Технологическая компоновка

Занятие 5

**ШКОЛА ПРОЕКТИРОВЩИКОВ**

**Степанов А.В.**

Начальник группы АО «Атомэнергoproект» — СПбАЭП

**29.05.2024**

## Материал подготовили:



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

- **Степанов Андрей Вячеславович**  
Начальник группы рабочего проектирования здания реактора
- **Афоничев Павел Геннадьевич**  
Инженер-проектировщик 1 кат. группы рабочего проектирования здания реактора
- **Викторов Роман Игоревич**  
Инженер-проектировщик 1 кат. группы рабочего проектирования здания реактора
- **Наседкин Андрей Алексеевич**  
Начальник группы рабочего проектирования здания безопасности
- **Васильева Елена Вениаминовна**  
Ведущий инженер-проектировщик группы рабочего проектирования здания безопасности

# Программа курса «Технологическая компоновка»



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

Занятие	Темы	Длительность
Занятие 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Запрос и анализ технологической схемы</li><li>• Изучение описания работы системы</li><li>• Анализ ИДП</li></ul>	1,5 ч
Занятие 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Анализ строительных конструкций</li><li>• Анализ компоновки окружения</li><li>• Анализ специфических требования проекта</li></ul>	1,5 ч
Занятие 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Выбор сортамента трубопроводов</li><li>• Разработка компоновочных решений оборудования</li><li>• Разработка компоновочных решений трубопроводов</li></ul>	1,5 ч
Занятие 4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Оценка ремонтпригодности ОТиР (ОМОТ)</li><li>• Самопроверка</li><li>• Верификация</li></ul>	1,5 ч
Занятие 5	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Расстановка ОПС (места)</b></li><li>• <b>Выдача на расчет</b></li><li>• <b>Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС</b></li></ul>	1,5 ч
Занятие 6	Разработка РД	1 ч
Домашнее задание	Самостоятельное выполнение компоновочных решений технологической системы	-

# Программа курса «Технологическая компоновка»



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

- Запрос и анализ технологической схемы
- Изучение описания работы системы
- Анализ ИДП
- Анализ строительных конструкций
- Анализ компоновки окружения
- Анализ специфических требования проекта
- Выбор сортамента трубопроводов
- Разработка компоновочных решений оборудования
- Разработка компоновочных решений трубопроводов
- Оценка ремонтпригодности ОТиР (ОМОТ)
- Самопроверка
- Верификация
- **Расстановка ОПС (места)**
- **Выдача на расчет**
- **Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС**
- Разработка РД

# Занятие 5: План



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



1. Расстановка ОПС (места)
2. Выдача на расчет
3. Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС

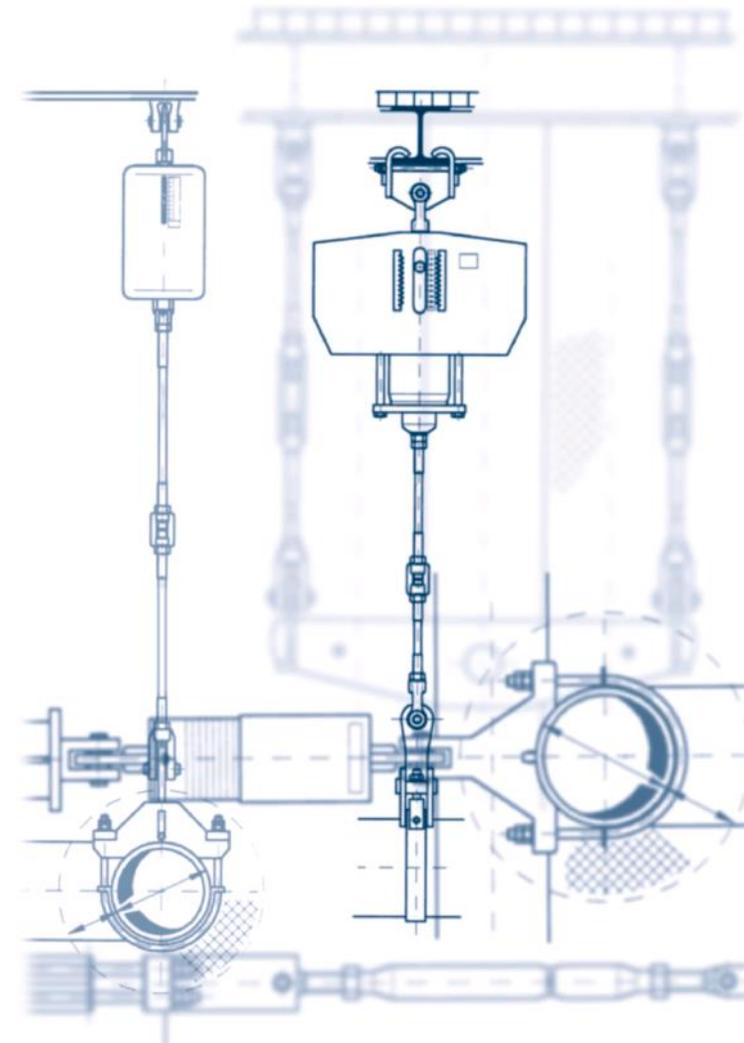
# Опорно-подвесная система (ОПС)



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

Опорно-подвесная система (ОПС) – комплекс различных типов опор, который служит для крепления трубопровода к строительным конструкциям

Назначение ОПС – восприятие и равномерное распределение нагрузок от трубопровода



# Опорно-подвесная система (ОПС)

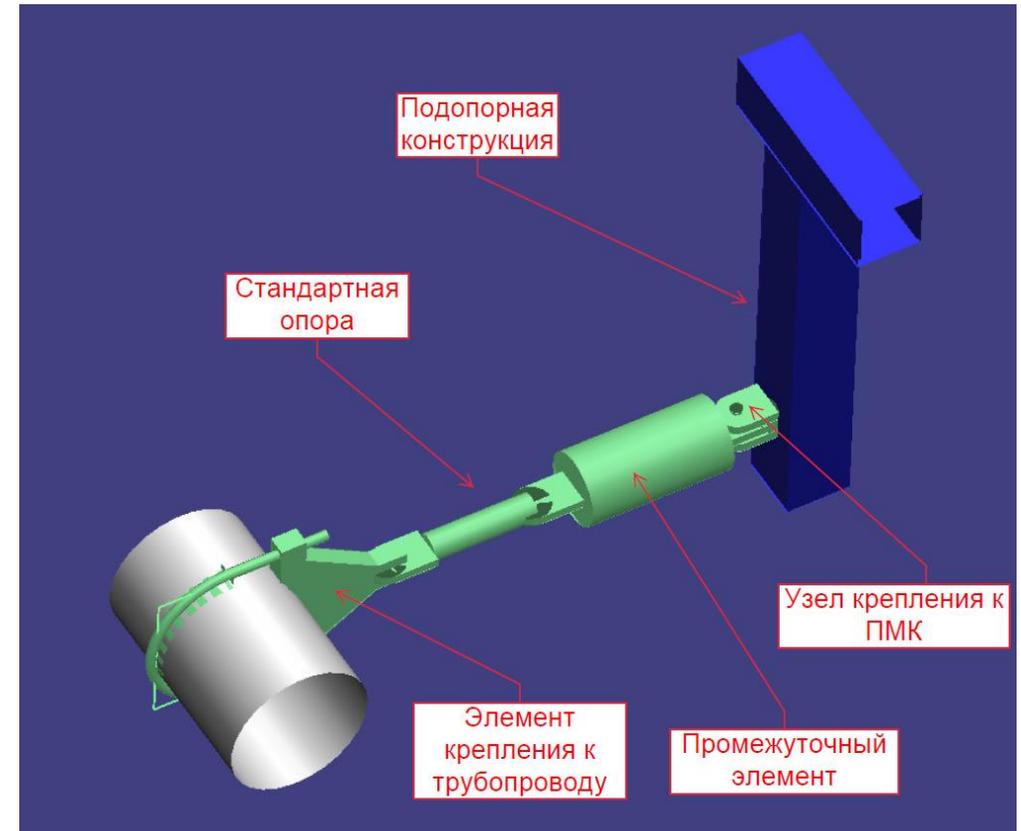


## Состав ОПС

### Стандартная опора

- Узел крепления к трубопроводу (хомуты, ушки и др.)
- Промежуточные элементы опоры (тяги, стойки, распорки и др.)
- Узел крепления стандартной опоры к строительной/подопорной конструкции (проушины, кронштейны и т.д.)

**Подопорная конструкция** – металлоконструкция для соединения стандартной опоры к строительным конструкциям (балки, консоли, кронштейны)



# Опорно-подвесная система (ОПС)



## Расстановка опор на трубопроводе. Пролеты между опор

- Максимальные значения пролетов между опорами – величина расчетная и зависит от прочности при изгибе трубопровода. Величиной, определяющей максимальное расстояние между точками крепления, является наибольший допустимый прогиб трубопровода
- В таблице приведены рекомендуемые длины пролетов для прямых участков труб. Для труб с отводами пролет уменьшается

*Рекомендуемые длины пролетов между точками крепления трубопроводов высокого давления*

Условный диаметр трубопровода, DN	Размеры трубопровода, Dn×S	Наибольший пролет трубопровода, м
15	18×2.5	1,5
20	25×2	2,0
25	32×3	3,0
50	57×3	3,5
80	89×5	5,0
100	108×5	5,0
150	159×6	8,0
200	219×7	11,0
250	273×7	12,0
300	325×12	12,0
400	426×8	12,0
500	530×10	12,0
600	630×12	12,0



## Нагрузки при эксплуатации трубопровода

### Постоянные

- Весовые нагрузки

### Временные

- Нагрузки от тепловых перемещений
- Нагрузки от внешних воздействий (падение самолета, сейсмические нагрузки)
- Нагрузки от возникающей вибрации
- Аварийные нагрузки



# Опорно-подвесная система (ОПС)



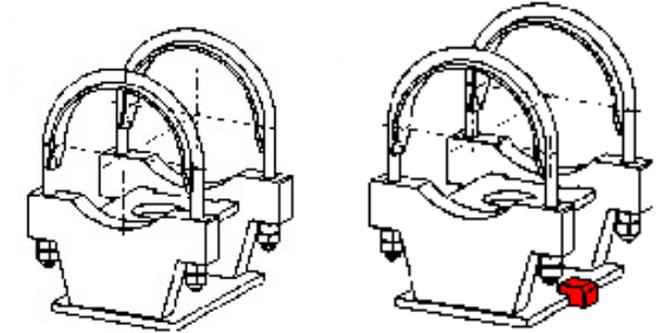
## Статические опоры

### Неподвижные опоры

Опоры этого типа должны обеспечивать неподвижность закрепляемой точки трубопровода, исключать возможность поворачивания в них трубопровода, воспринимать усилия и моменты самокомпенсации соседних участков трубопровода.

Неподвижные опоры необходимо располагать, исходя из условия самокомпенсации находящегося между ними участка трубопровода; при невозможности соблюдения этого требования в трубопровод между неподвижными опорами должны встраиваться компенсирующие устройства или должна быть изменена трассировка трубопровода.

Опоры могут выполняться с ограничителем отрыва (при необходимости)  
Все остальные типы опор считаются подвижными.



### Скользящие опоры

Этот тип опор является подвижным и обеспечивает перемещения горизонтального трубопровода в двух направлениях (вдоль и поперек оси трубопровода) и повороты в горизонтальной плоскости. В вертикальной плоскости трубопровод не перемещается.



# Опорно-подвесная система (ОПС)



## Статические опоры

### Скользящие-направляющие опоры

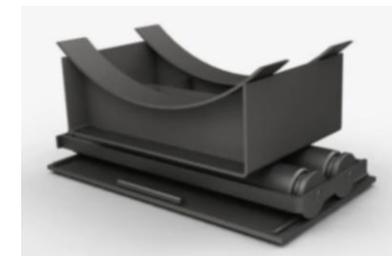
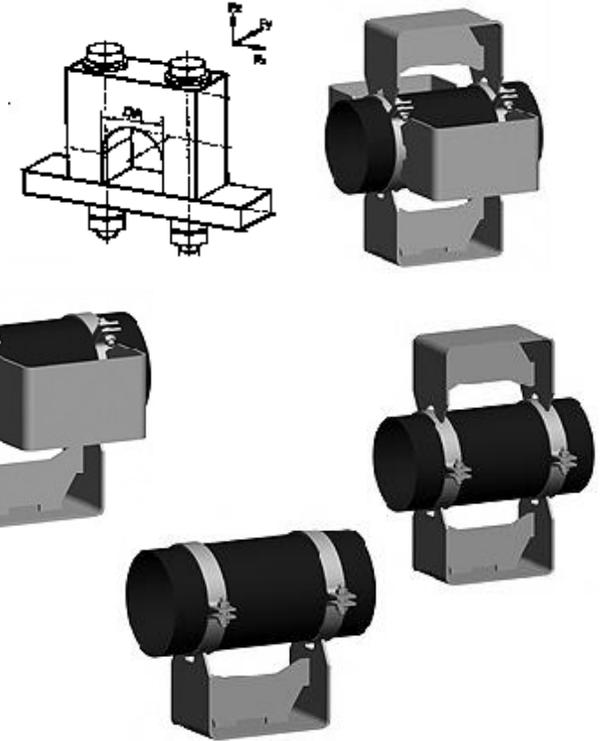
Опоры обеспечивают перемещение трубопровода только в одном направлении (как правило вдоль оси трубопровода). Вертикальные перемещения и горизонтальные перемещения отсутствуют.

### Направляющие опоры

Это подвижные опоры, которые обеспечивают перемещение трубопровода в определенном заданном направлении, необходимые для его правильной работы и компенсации перемещений. Перемещение может быть предусмотрено в любом, как вертикальном, так и горизонтальном направлении.

### Катковые опоры

В отличие от обычных скользящих, катковые опоры для трубопроводов способны обеспечить защиту от механических воздействий не только на поверхность трубы, но и саму опору, что в итоге обеспечивает ее более продолжительный срок службы.



# Опорно-подвесная система (ОПС)

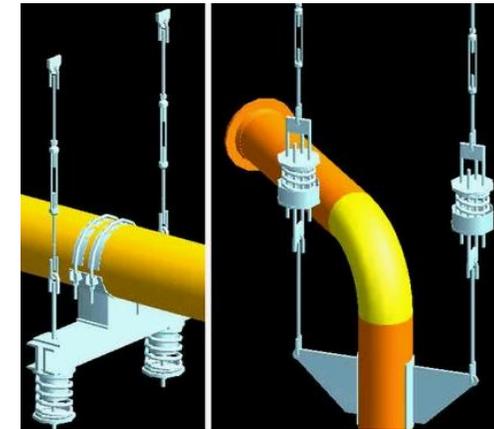


АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Статические опоры

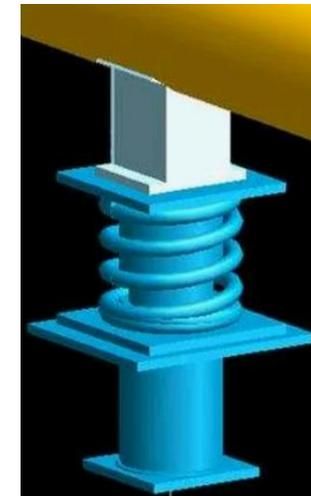
### Пружинные подвески

Пружинные подвески и опоры обеспечивают перемещение трубопровода в вертикальном направлении. Эти опоры применяются для вертикальных трубопроводов или горизонтальных их участков, расположенных вблизи стояков. Это наилучший тип опоры для трубопроводов с вертикальными перемещениями. При необходимости пружинные подвески могут выполняться с одной или двумя тягами в различной конфигурации.



### Пружинные опоры

Пружинные опоры выполняют те же функции, что и пружинные подвески, но выполняются в виде опоры с пружинным блоком.



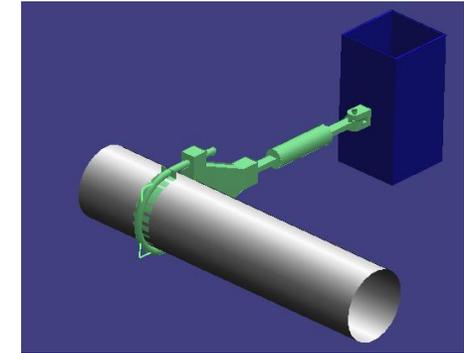
# Опорно-подвесная система (ОПС)



## Динамические опоры

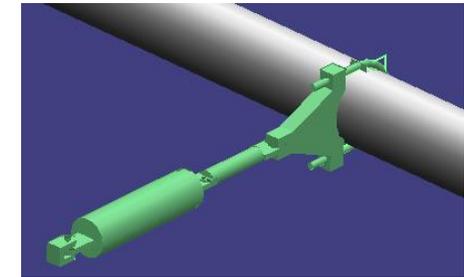
### Жесткие распорки

Данный тип опор предназначен восприятия статических нагрузок, так и нагрузок, возникающих в результате динамических воздействий. Жесткими распорками могут крепиться вертикальные, горизонтальные трубопроводы, а также трубопроводы, расположенные под углом к основным координационным осям.



### Гидроамортизаторы

Отличительная особенность данного типа опор, это возможность работать только в режиме динамического воздействия. В условиях нормальной эксплуатации гидроамортизаторы нагрузку не воспринимают. В момент возникновения динамических усилий гидроамортизатор работает как «стопор» и не дает перемещаться трубопроводу в точке крепления.



### Опоры постоянного усилия

Их задача состоит в том, чтобы рабочая нагрузка на всем диапазоне перемещений оставалась постоянной, то есть чтобы ее передача осуществлялась равномерно и без значительных отклонений.

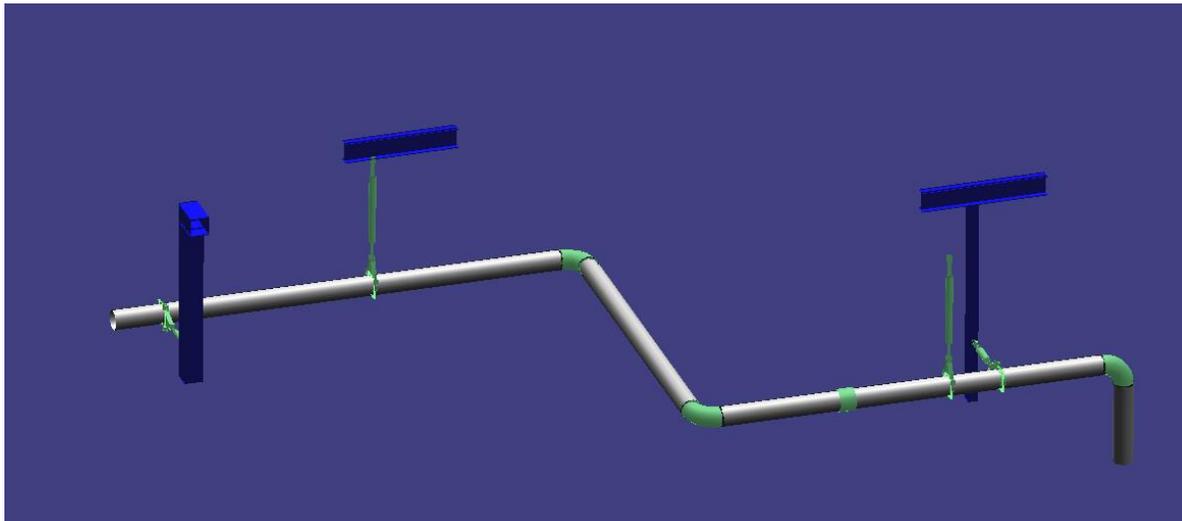


# Опорно-подвесная система (ОПС)



## Процесс проектирования ОПС

- От правильно спроектированной опорно-подвесной системы зависит надежная работа трубопровода в период его эксплуатации.
- Проектирование ОПС – процесс творческий, требующий развитого пространственного мышления, понимания того, как работает трубопровод во время эксплуатации, особенностей компоновочных решений в помещении (здании) и других инженерных навыков.



Расстановка опор на  
трубопроводе  
(предварительная)

Задание на расчет  
трубопровода

Расчет трубопровода на  
прочность

Учет результатов расчета.  
Окончательная расстановка  
опор

# Опорно-подвесная система (ОПС)



## Рекомендации по установке опор на трубопроводе:

1. Количество опор должно быть минимально необходимым для выполнения их основной функции – восприятие нагрузок и моментов во всех режимах
2. При проектировании новой ОПС лучше начинать с расстановки опор для режима нормальной эксплуатации, т.е. для того, чтобы учесть весовые нагрузки. После этого можно приступить к предварительной расстановке динамических опор
3. При расстановке опор необходимо учитывать максимально возможные пролеты между опорами
4. При установке опор в модели необходимо учитывать всю окружающую обстановку. Опора не должна создавать коллизии со смежными системами и специальностями, перекрывать проход персоналу, препятствовать вывозу оборудования в ремонт
5. При установке опоры необходимо заранее продумать и предусмотреть возможность крепления стандартной опоры к строительным конструкциям
6. При необходимости предусматриваются опоры под арматуру. Для арматуры на трубопроводах диаметров DN65 и менее при необходимости устанавливаются опорные конструкции, которые воспринимают возникающие нагрузки и моменты. Особенно это актуально для арматуры с электроприводом

# Опорно-подвесная система (ОПС)



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Вопросы для повторения материала

1. Назовите основные опор, воспринимающих динамические нагрузки?
2. Назовите тип опор, который работает только в режиме в динамических нагрузок?

# Занятие 5: План

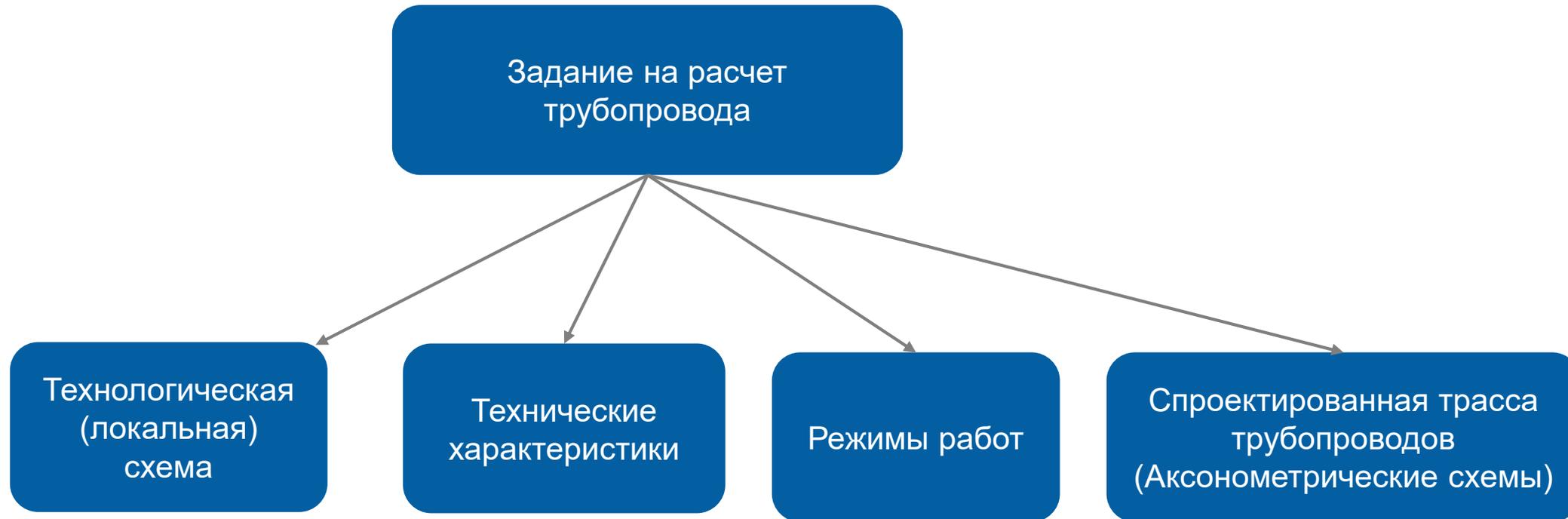


АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



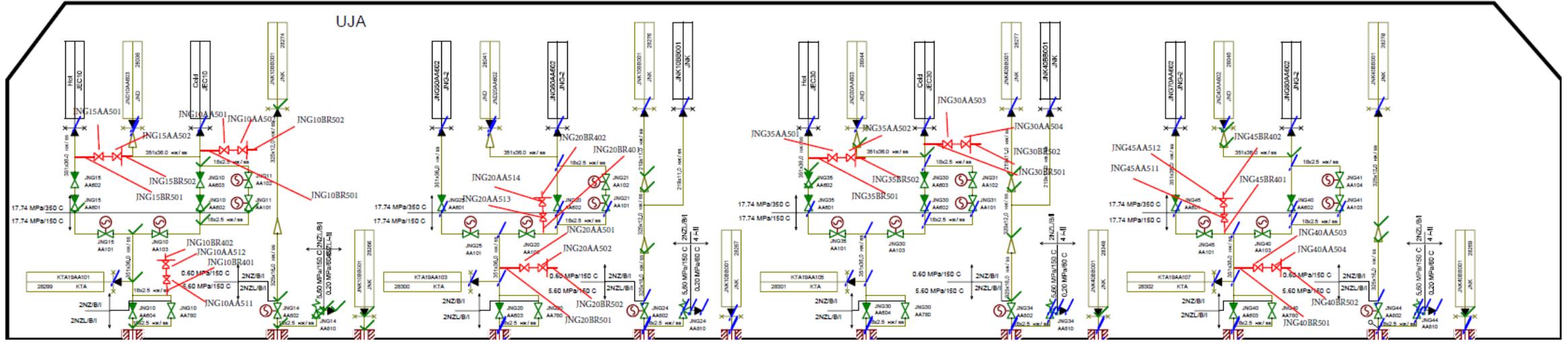
1. Расстановка ОПС (места)
- 2. Выдача на расчет**
3. Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС

# Выдача на расчет



# Выдача на расчет

## Технологическая (локальная) схема



# Выдача на расчет



## Технические характеристики

Таблица 1 - Техническая характеристика трубопроводов  
Table 1 - Technical characteristic of pipelines

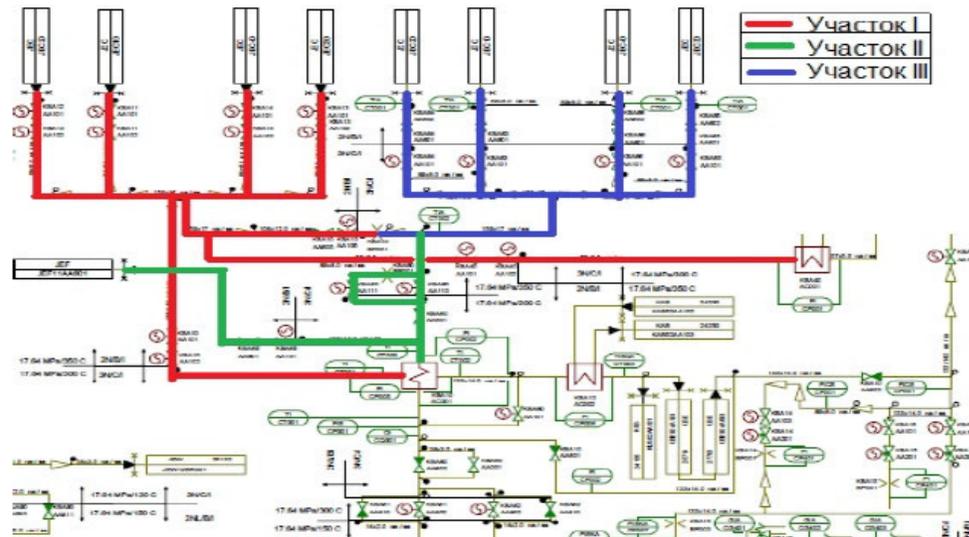
№ трубопровода Pipeline No	Наименование участка трубопровода или код по KKS Name of pipeline section or KKS code	Среда Medium	Диаметр S Dext x S	Материал Material	Категория/ Группа по СН 527-80 Category/g group as per СН 527-80	Категория/ Группа по НП-045-03 Category/g group as per НП-045-03	Класс безопасности по СНП-001-15 Safety class as per СНП-001-15	Группа по НП-089-15 Group as per НП-089-15	Категория сейсмостойкости по НП-031-01 Seismic category as per НП-031-01	Давление расчетное, МПа Design pressure, MPa	Температура расчетная, °C Design temperature, °C	Давление рабочее, МПа Operating pressure, MPa	Температура рабочая, °C Operating temperature, °C	Давление при гидротесте, МПа Pressure at hydraulic test, MPa	Минимальная температура стенки при гидротесте, °C Minimum temperature of a wall at hydraulic test, °C	Изоляция тепловая Thermal insulation	Категория обеспечения качества Quality assurance category	Примечание Note
70JNG10BR019		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	351x36	08X18H10T	-	-	2NZL	B	I	17.64	150	16.1	150	24.5	90	+	QA1	
70JNG10BR020		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	351x36	08X18H10T	-	-	2NZ	B	I	17.64	150	16.1	150	24.5	90	+	QA1	
70JNG10BR021		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	351x36	08X18H10T	-	-	2NZ	B	I	17.64	350	16.5	298.2	24.5	90	+	QA1	
70JNG10BR401		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	32x3.5	08X18H10T	-	-	2NZ	B	I	17.64	150	16.1	150	24.5	90	+	QA1	
70JNG10BR402		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	32x3.5	08X18H10T	VB	-	4	-	II	0.1	60	0.1	60	0.2	5	-	QNC	
70JNG10BR501		Борный раствор 16-20 г/кг Boron solution 16-20 g/kg	18x2.5	08X18H10T	-	-	2NZ	B	I	17.64	350	16.4	298.2	24.5	90	+	QA1	

# Выдача на расчет



## Режимы работ

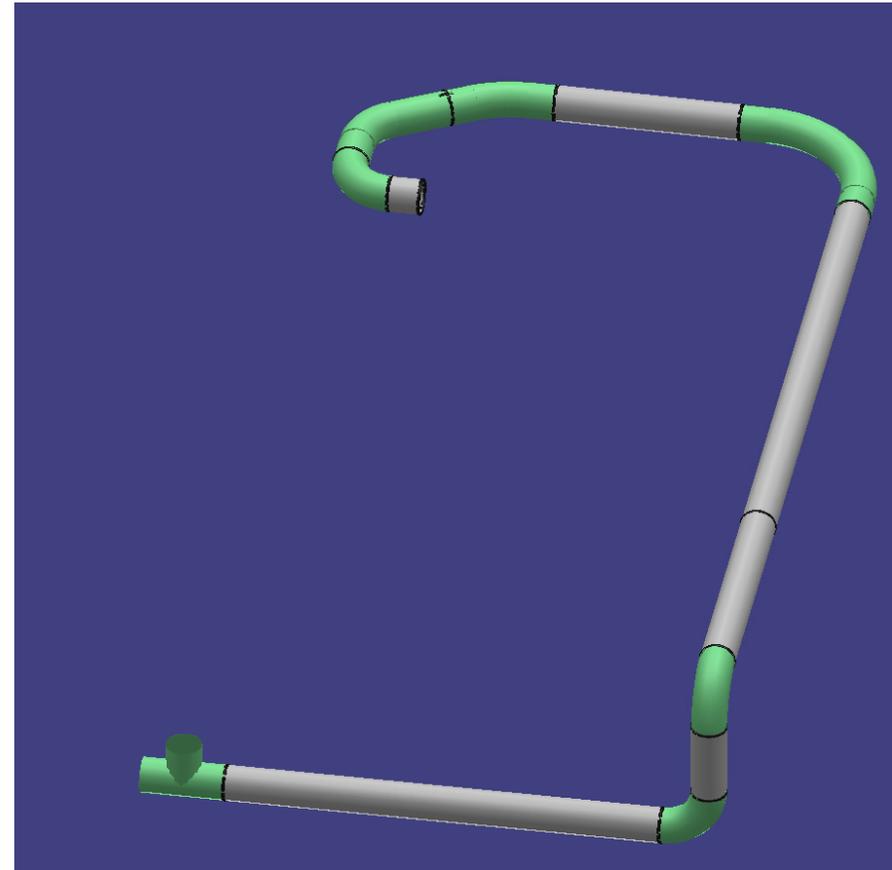
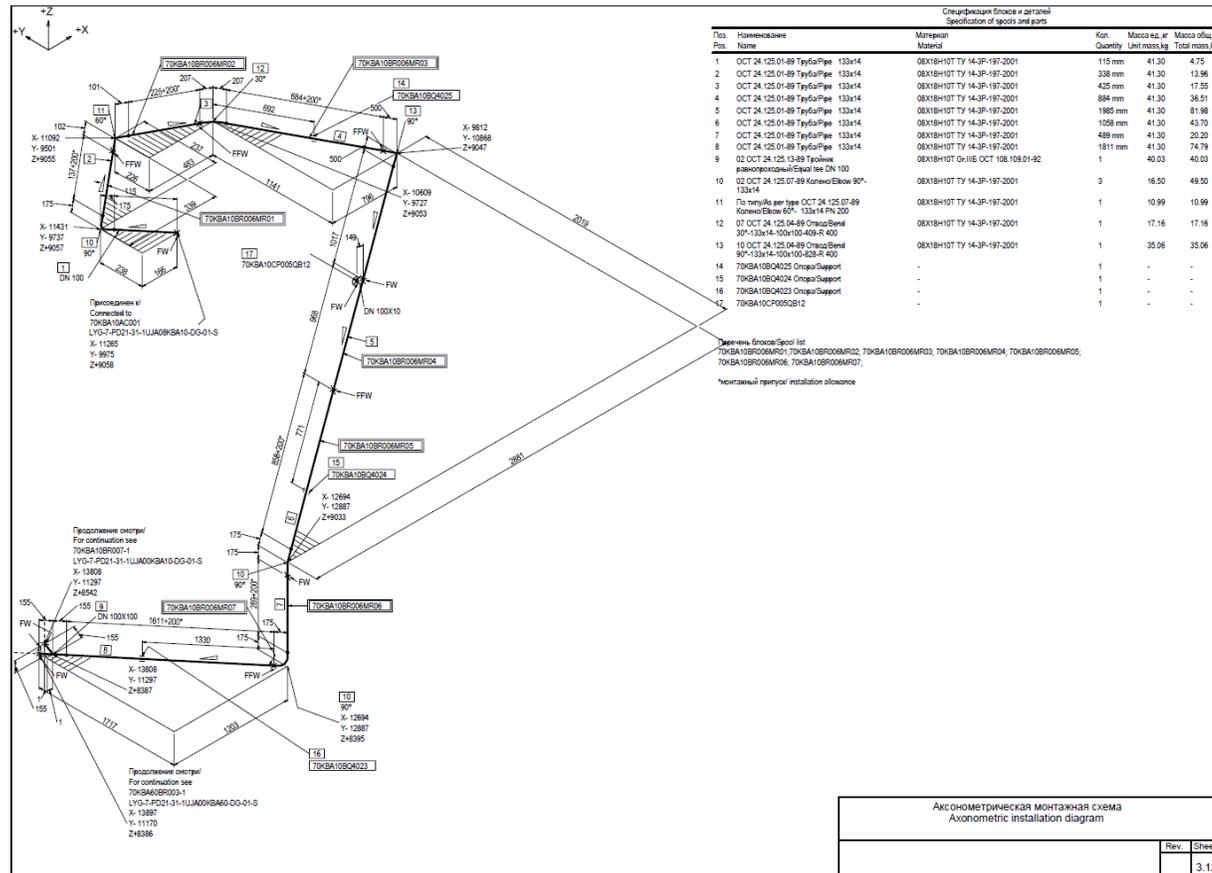
№	Состояние блока	Наименование проектного режима	Участок	Рабочие параметры в режиме								Время изменения температуры, °С/мин	Количество циклов за весь срок
				В начале		Максимальные		Минимальные		В конце			
				$P_{\text{нач}}, \text{МПа (изб.)}$	$T_{\text{нач}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{макс}}, \text{МПа (изб.)}$	$T_{\text{макс}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{мин}}, \text{МПа (изб.)}$	$T_{\text{мин}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{кон}}, \text{МПа (изб.)}$	$T_{\text{кон}}, ^\circ\text{C}$		
1	Холодное состояние	Заполнение первого контура	I-II-III	0	40	-	-	-	-	0,5	40	-	190
2	Гидронспытания	Гидравлические испытания на плотность	I-II-III	0,5	40	-	-	-	-	17,64	90 - в начале эксплуатации 135 - в конце эксплуатации	не более 2	190
			I-II-III	17,64	90 - в начале эксплуатации 135 - в конце эксплуатации	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	150
		Гидравлические испытания на прочность	I-II-III	17,64	90 - в начале эксплуатации 135 - в конце эксплуатации	-	-	-	-	24,5	90 - в начале эксплуатации 135 - в конце эксплуатации	-	40
			I-II-III	24,5	90 - в начале эксплуатации 135 - в конце эксплуатации	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	
3	Разогрев	Разогрев до номинальных параметров	II	2,0	60	-	-	-	-	16,1	260	не более 2	300
			III	2,0	60	-	-	-	-	16,1	280	не более 2	
			I	2,0	60	-	-	-	-	16,6	298	не более 2	
			II	16,1	260	-	-	-	-	16,1	260	-	
4	Работа на мощности	Работа в стационарном режиме	III	16,1	280	-	-	-	-	16,1	280	-	300
			I	16,6	298	-	-	-	-	16,6	298	-	
			II	16,1	260	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	
			III	16,1	280	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	
5	Расхолаживание	Расхолаживание	II	16,6	298	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	300
			III	16,1	280	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	
			I	16,6	298	-	-	-	-	2,0	60	не более 2	
6	Холодное состояние	Опорожнение первого контура	I-II-III	2,0	60	-	-	-	-	0	60	-	190



# Выдача на расчет



## Спроектированная трасса трубопроводов (Аксонметрические схемы)



# Выдача на расчет



## Вопросы для повторения материала

1. Из чего состоит задание на расчет?
2. Для чего нужны технические характеристики в задании на расчет?

# Занятие 5: План



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



1. Расстановка ОПС (места)
2. Выдача на расчет
- 3. Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС**

# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Учет результатов расчета

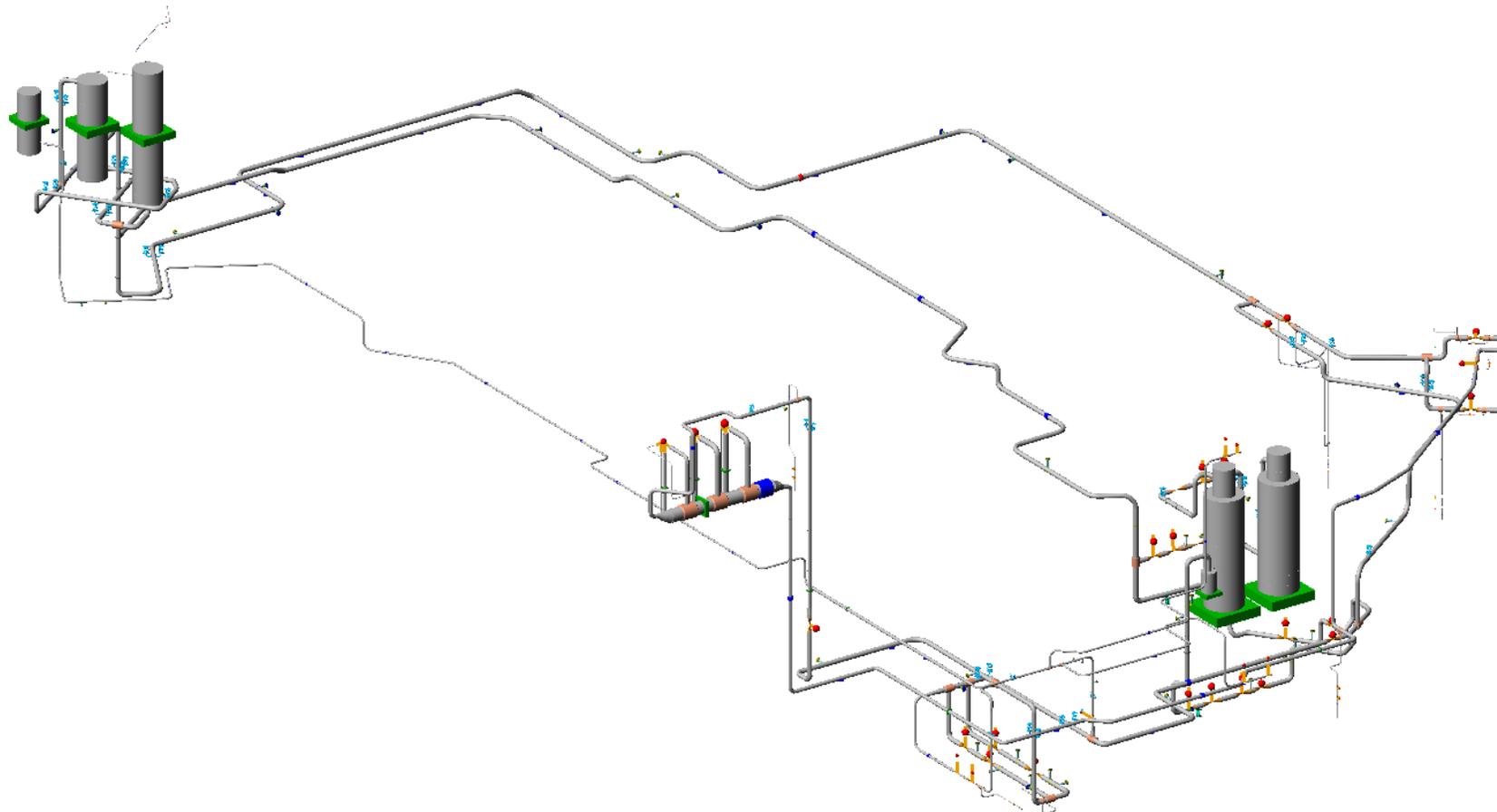
- Получение расчетной модели;
- Анализ окружения для возможности установки ОПС;
- Корректировка мест установки ОПС;
- Проверка ОТР чертежей ОПС;

# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Получение расчетной модели

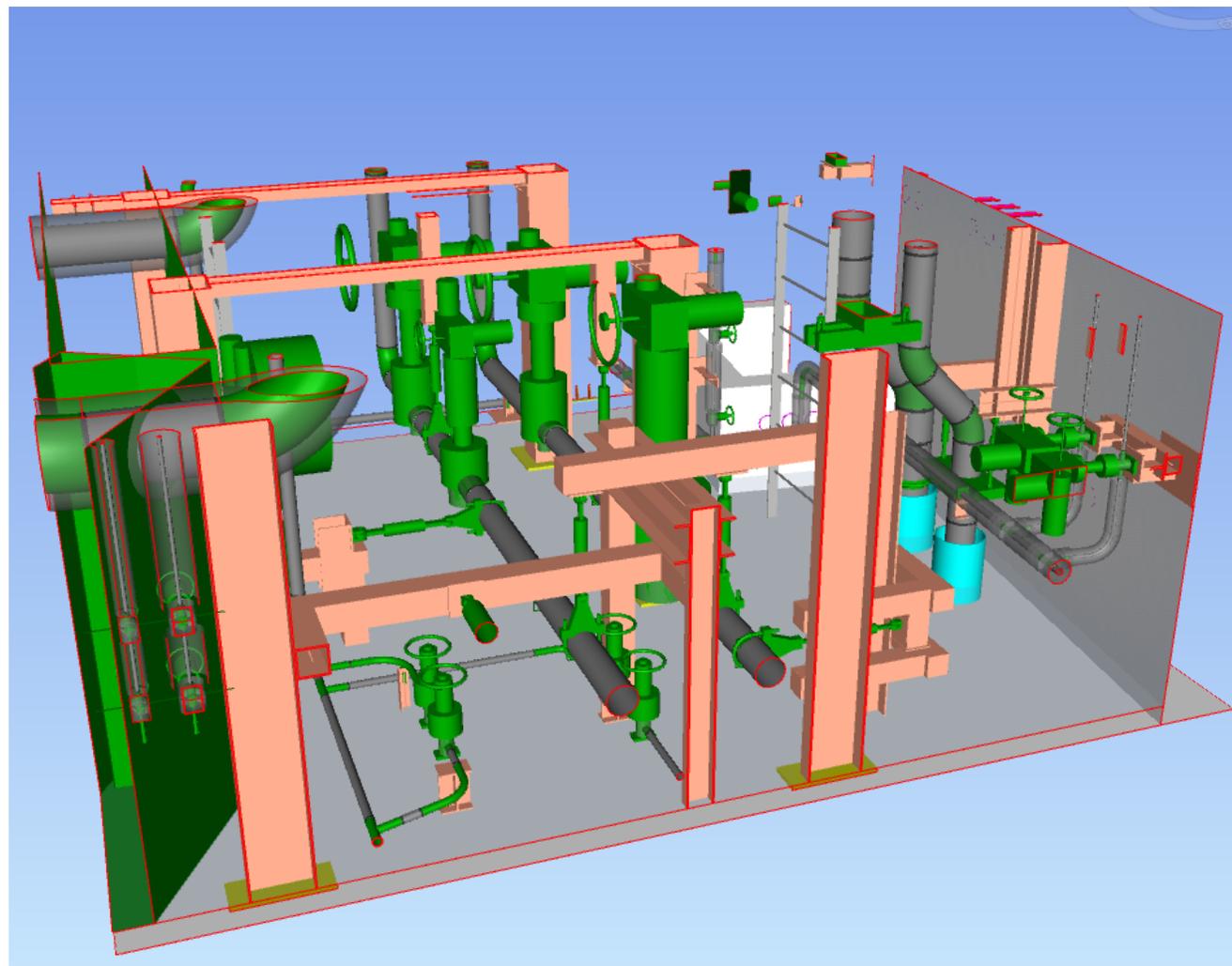


# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Анализ окружения для возможности установки ОПС

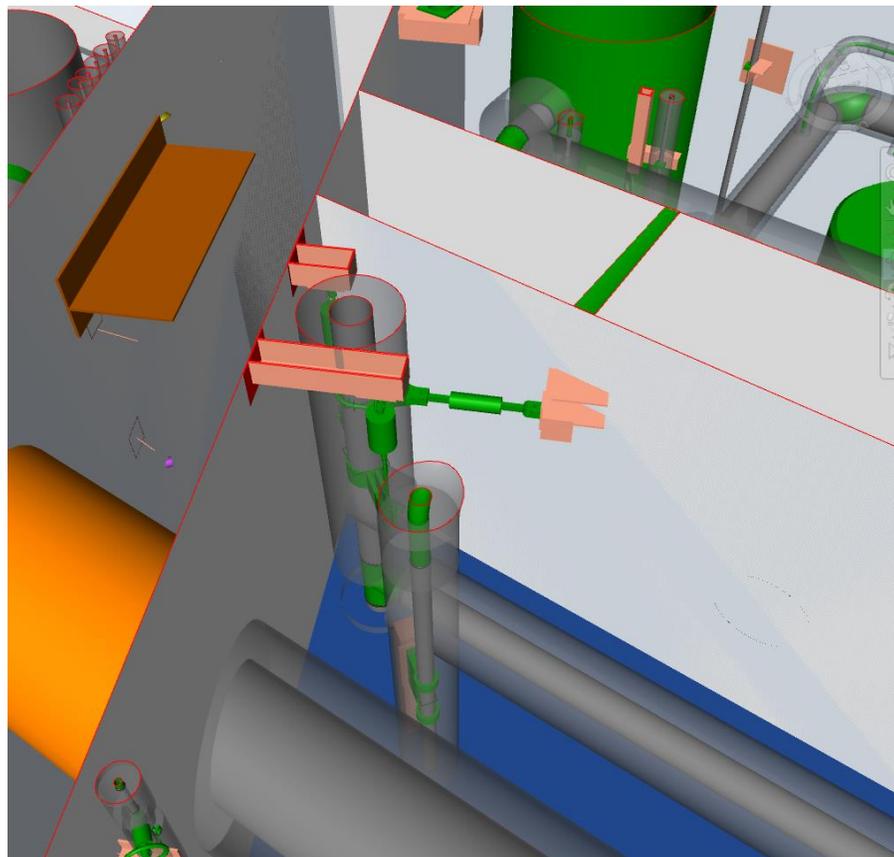
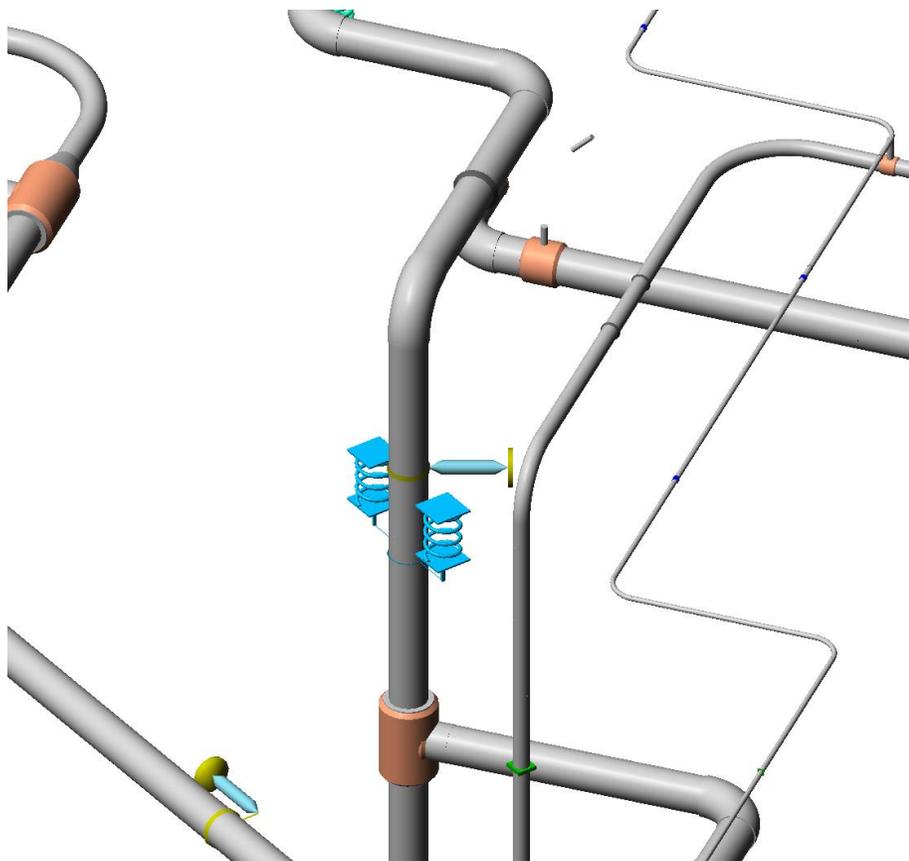


# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Анализ окружения для возможности установки ОПС

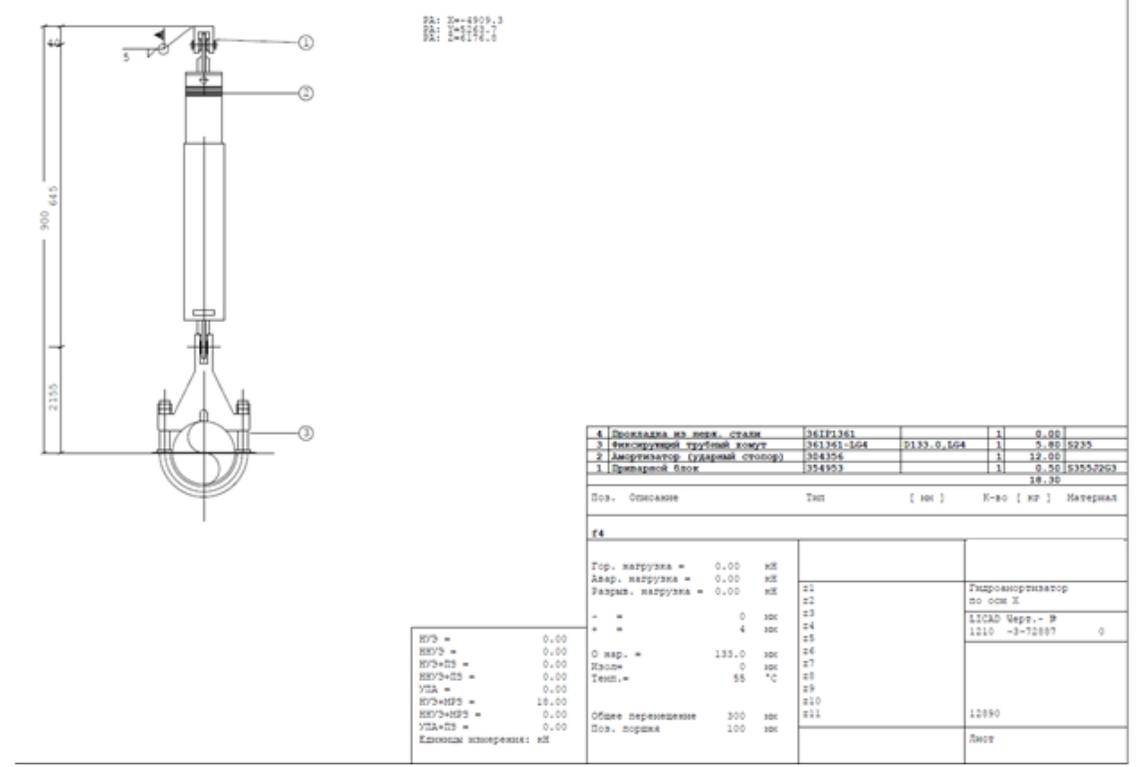
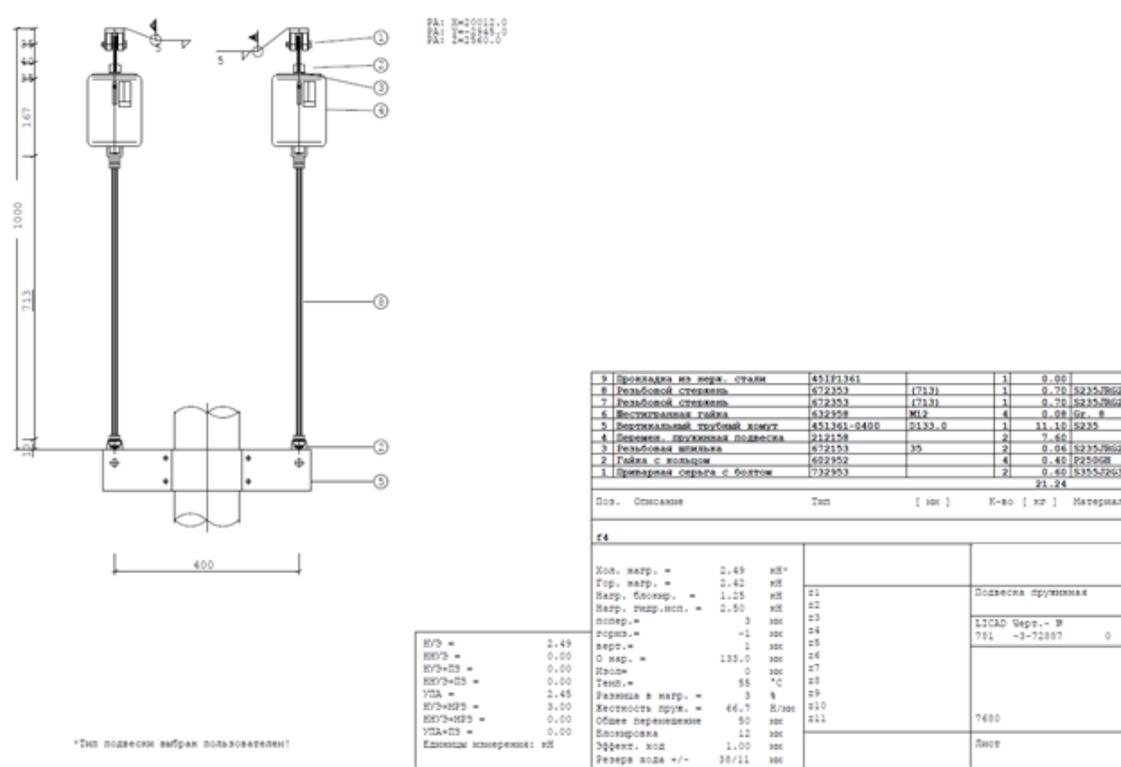


# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Проверка ОТР чертежей ОПС



# Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Вопросы для повторения материала

1. Что важно перед началом расстановки ОПС?
2. Какие данные необходимо направлять на проверку после расстановки ОПС?