



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

Отраслевой центр компетенций  
«ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

# Технологическая компоновка

Занятие 3: Часть 1

**ШКОЛА ПРОЕКТИРОВЩИКОВ**

**Степанов А.В.**

Начальник группы АО «Атомэнергoproект» — СПбАЭП

**25.04.2024**

## 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>• <b>Выбор сортамента трубопроводов</b></li><li>• <b>Разработка компоновочных решений оборудования</b></li><li>• <b>Разработка компоновочных решений трубопроводов</b></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>• Расстановка ОПС (места)</li><li>• Выдача на расчет</li><li>• Взаимодействие с ОТР расстановка ОПС</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 3: План



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



- 1. Выбор сортамента трубопроводов**
2. Разработка компоновочных решений оборудования
3. Разработка компоновочных решений трубопроводов



# Выбор сортамента трубопроводов

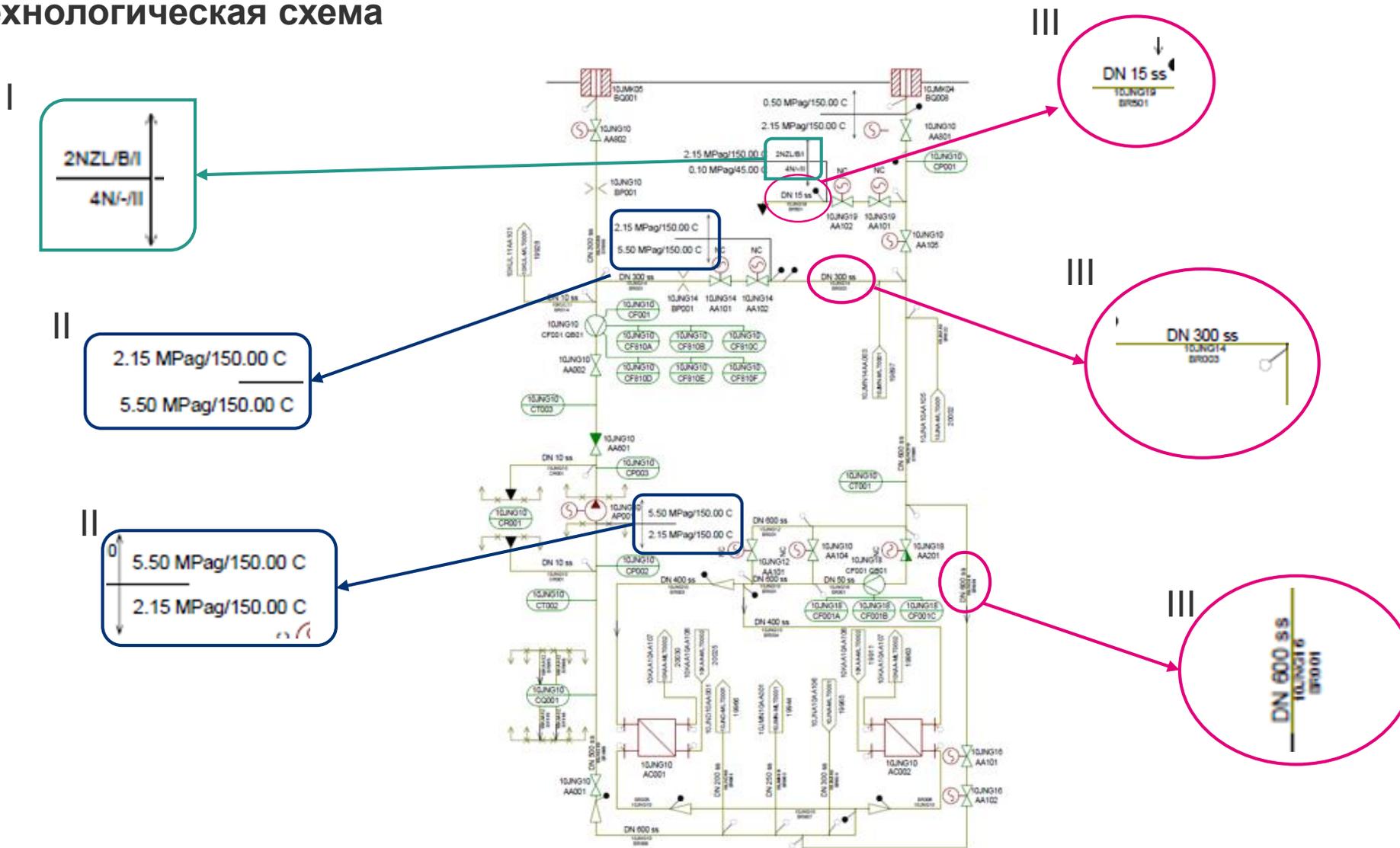
## Исходные данные:

- Технологическая схема
- Описание системы
- Подключение к оборудованию
- НТД (Нормативно техническая документация)

# Выбор сортамента трубопроводов



## Технологическая схема

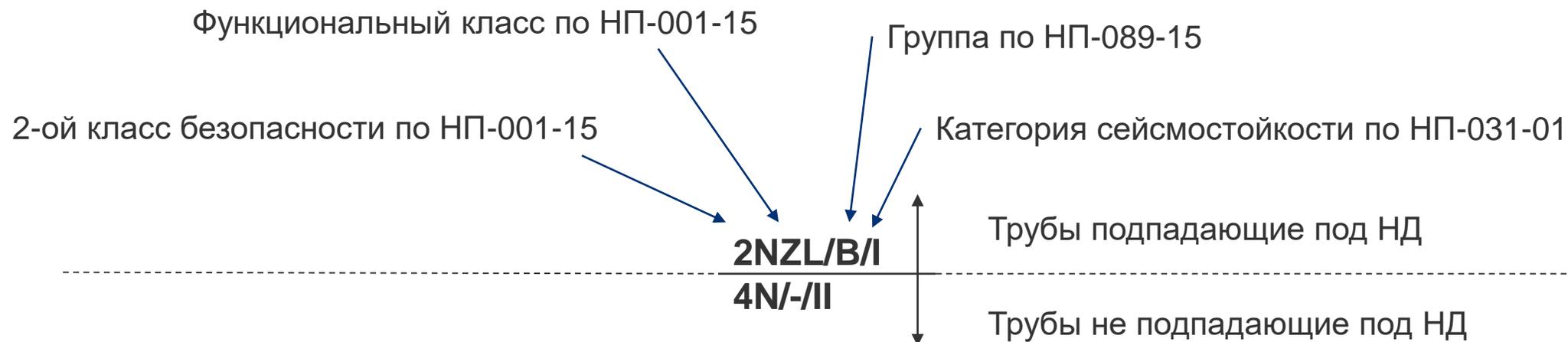


# Выбор сортамента трубопроводов



## Технологическая схема

### I — Классификация



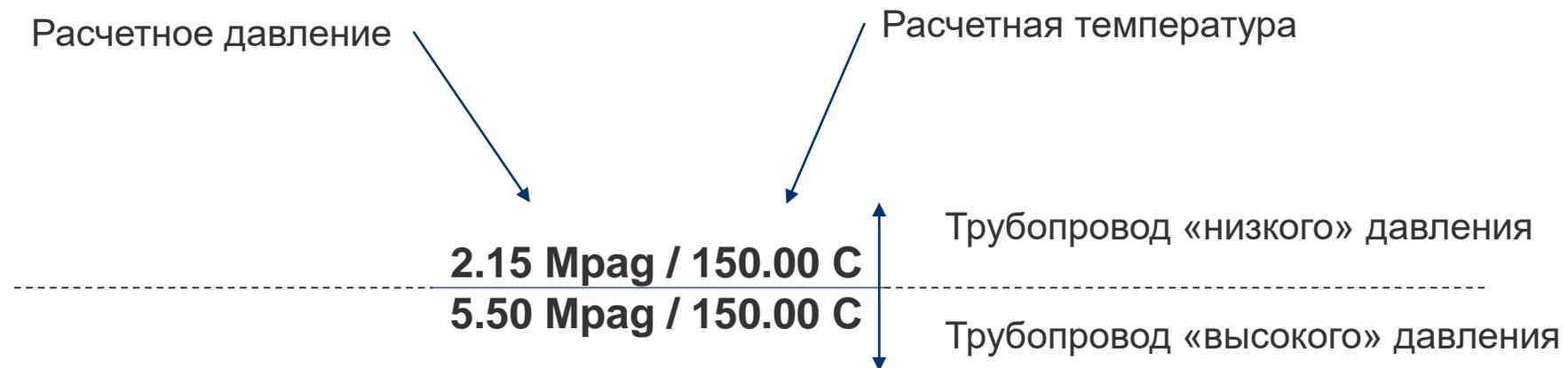
# Выбор сортамента трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Технологическая схема

### II — Расчетные параметры



# Выбор сортамента трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

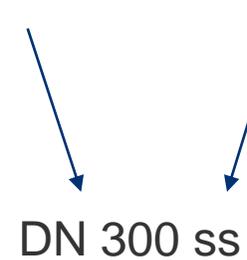
## Технологическая схема

III — Условный диаметр

Условный/нормальный диаметр

Структурный класс стали

DN 300 ss





## Описание системы

### 12.1.1.2.2.3 Описание используемых материалов

12.1.1.2.2.3.1 Выбор оборудования и материалов, с учетом функций системы, осуществляется в соответствии с требованиями НП-089-15 [4] и с учетом:

- требуемых физико-механических характеристик, технологичности, свариваемости, а также способности работать в условиях проектных характеристик рабочей среды;
- качества воды первого контура;
- проведения дезактивации, в соответствии с разделом 9.2.10 ООБ LN20.P.110.3.09&&&.03&&.000.HE.0001 [16];
- условий окружающей среды в помещениях, где располагаются компоненты системы.

12.1.1.2.2.3.2 Материалы выбраны с учетом условий нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации, включая аварии, при которых требуется работа системы

12.1.1.2.2.3.3 Все трубопроводы и оборудование должны быть выполнены из коррозионностойкой стали аустенитного класса. Все соединения сварные.

12.1.1.2.2.3.4 В системе JNG01 должна быть предусмотрена тепловая изоляция на трубопроводах, температура поверхности которых во время эксплуатации превышает 60 °С для необслуживаемых помещений и 45 °С для обслуживаемых помещений, с целью защиты персонала и ограничения тепловых потерь.

12.1.1.2.2.3.5 Покраска трубопроводов системы JNG01 и нанесение на них защитного покрытия не требуется, так как трубопроводы выполнены из коррозионностойкой стали аустенитного класса.

### 12.1.1.2.2.6 Радиационная защита и доступность элементов

12.1.1.2.2.6.1 Система спроектирована так, чтобы обеспечить доступ к оборудованию для проведения инспекций, работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту, при поддержании дозы облучения персонала на разумно-достижимом низком уровне ниже установленных пределов:

- использованы материалы согласно требованию пункта 85 НП-089-15 [4], руководствуясь документами по стандартизации;
- обслуживание и ремонт компонентов системы, размещенных внутри защитной оболочки, обеспечивается на остановленном реакторе.

12.1.1.2.2.6.2 Регламент радиационного контроля будет разработан на следующих стадиях проектирования. Периодичность, время проверок и длительность ТО и ремонта компонентов системы будет указано в регламенте ТО и ремонта.

12.1.1.2.2.6.3 Для обеспечения принципа ALARA в проекте применены следующие технические и организационные решения:

- оборудование или элементы, которые должны быть доступны для работ (техническое обслуживание, контроль или ремонт), соответствующим образом размещены с тем, чтобы доступ к ним не осложнялся воздействием радиации;
- проведение поузлового и поагрегатного ремонта оборудования путем резервирования агрегатов и узлов с обеспечением радиационной защиты от работающего оборудования, расположенного в смежных помещениях;
- проведение дезактивации оборудования перед выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту;
- уменьшение коррозионных отложений на оборудовании и ограничение содержания кобальта в оборудовании, имеющем контакт с теплоносителем первого контура;
- механизация и автоматизация работ, применение дистанционного управления в зоне контролируемого доступа, наличие стационарных площадок обслуживания и лестниц;
- организация радиационного и дозиметрического контроля;
- применение персоналом основных и дополнительных СИЗ кожных покровов и органов дыхания;
- соблюдение Программ радиационной безопасности, регламентов и инструкций эксплуатации;
- детальное планирование работ с учетом фактической радиационной обстановки.



# Выбор сортамента трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

НТД (Нормативно-техническая документация)

НП – Федеральные нормы и правила в атомной отрасли

ОСТ/СТО – Отраслевые нормы и правила

СНиП/СН – Строительные нормы и правила

# Выбор сортамента трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## НТД (Нормативно-техническая документация)

### НП – Нормы и правила

НП-001-15	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций»
НП-031-01	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций»
НП-089-15	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок»
НП-104-18	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок»
НП-105-18	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже»

# Выбор сортамента трубопроводов



## НТД (Нормативно-техническая документация)

### ОСТ/СТО – Отраслевые нормы и правила

ОСТ 108.030.123 - 85	Детали и сборочные единицы из сталей аустенитного класса. Для трубопроводов на давление среды $\geq 2,2$ МПа (22 кгс/см) атомных станций
ОСТ 108.030.124 - 85	Детали и сборочные единицы из сталей перлитного класса. Для трубопроводов на давление среды $\geq 2,2$ МПа (22 кгс/см) атомных станций
СТО 95 111-2013	Детали и элементы трубопроводов атомных станций из коррозионно-стойкой стали на давление до 2,2 МПа (22 кгс см <sup>2</sup> )
СТО 95 113-2013	СТО 95 113-2013 - Детали и элементы трубопроводов атомных станций из стали перлитного класса на давление до 2,2 МПа (22 кгс см <sup>2</sup> )

# Выбор сортамента трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

НТД (Нормативно-техническая документация)

СНиП/СН – Строительные нормы и правила

СНиП 3.05.05-84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы

---

СН 527-80 Инструкция по проектированию технологических стальных трубопроводов Ру до 10 МПа

# Выбор сортамента трубопроводов



## Выбор сортамента – схема

Подпадает под НП	Высокое давление	Нержавеющие (аустенит)	Технические требования	ОСТ 108.030.123 - 85
			Детали трубопроводов	ОСТ 24.125.01 ÷ 26 - 89
			Сварные швы	ОСТ 24.125.01-89
		Углеродистые (перлит)	Технические требования	ОСТ 108.030.124 - 85
			Детали трубопроводов	ОСТ 24.125.30 ÷ 57 - 89
			Сварные швы	ОСТ 24.125.31-89
	Низкое давление	Нержавеющие (аустенит)	Технические требования	СТО 95 111-2013
			Детали трубопроводов	СТО 79814898 109 ÷ 118 - 2012
			Сварные швы	СТО 79814898 110-2012
		Углеродистые (перлит)	Технические требования	СТО 95 113-2013
			Детали трубопроводов	СТО 79814898 109 ÷ 118 - 2012
			Сварные швы	СТО 79814898 110-2012
Не подпадают под НП	Высокое давление	СН 527-80		
	Низкое давление	СНиП 3.05.05-84		

## Вопрос 2:



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



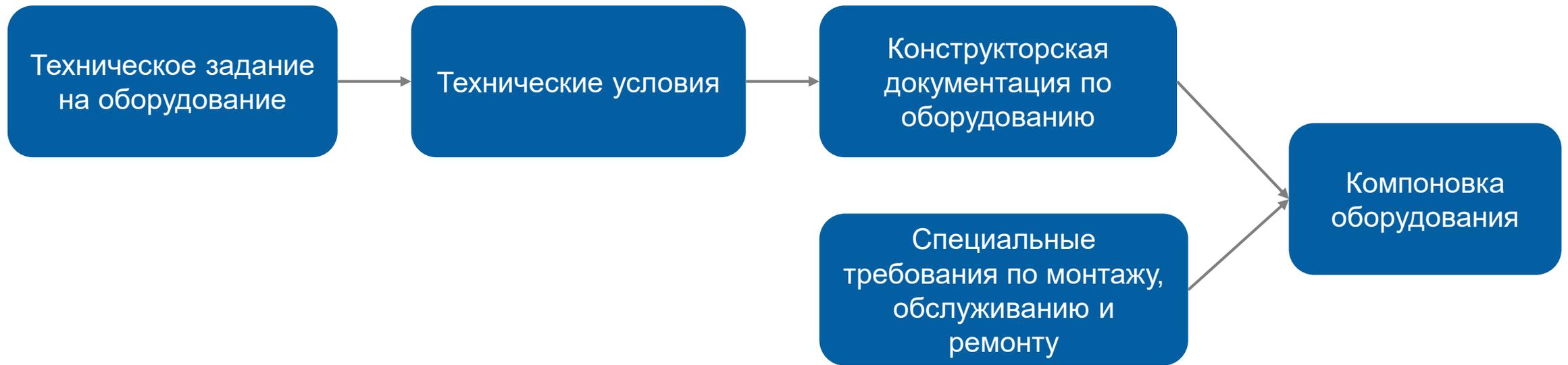
1. Выбор сортамента трубопроводов
- 2. Разработка компоновочных решений оборудования**
3. Разработка компоновочных решений трубопроводов

# Разработка компоновочных решений оборудования



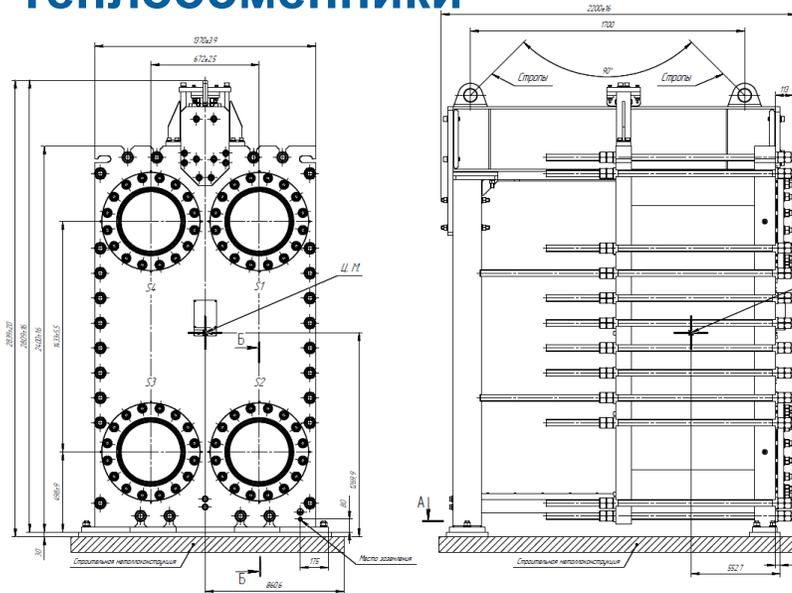
## Исходные данные:

- Заводская документация (чертежи оборудования)
- Требования нормативной документации
- Руководства по креплению оборудования

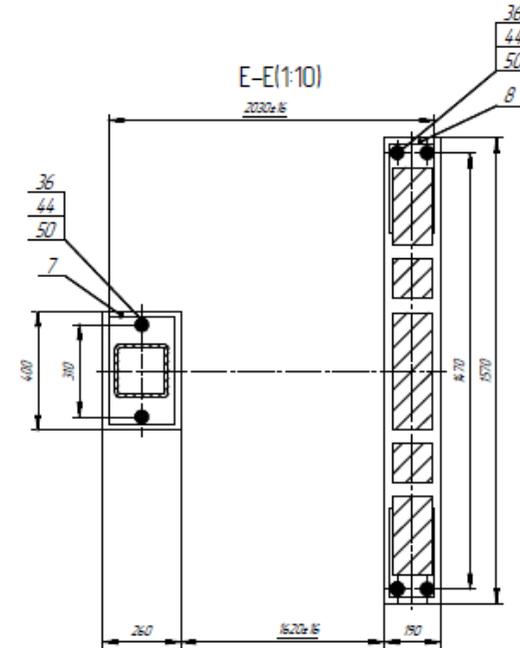




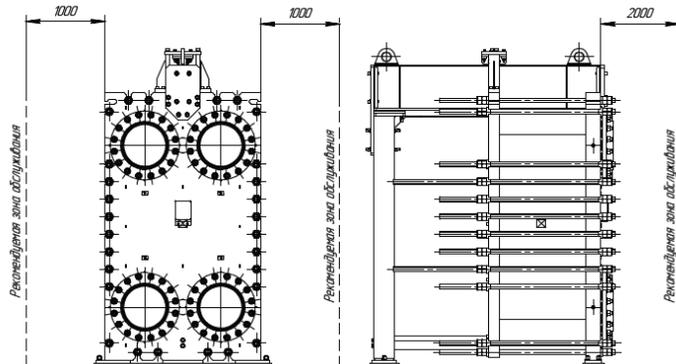
## Теплообменники



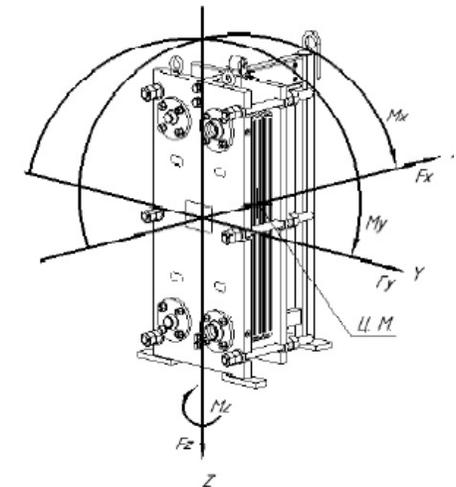
## Задание на фундамент



## Зоны обслуживания



## Схема нагрузок

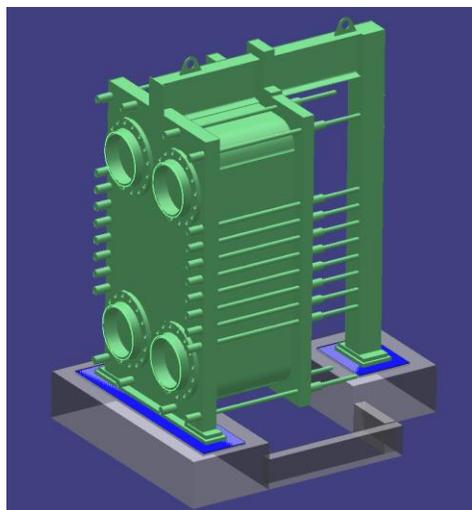




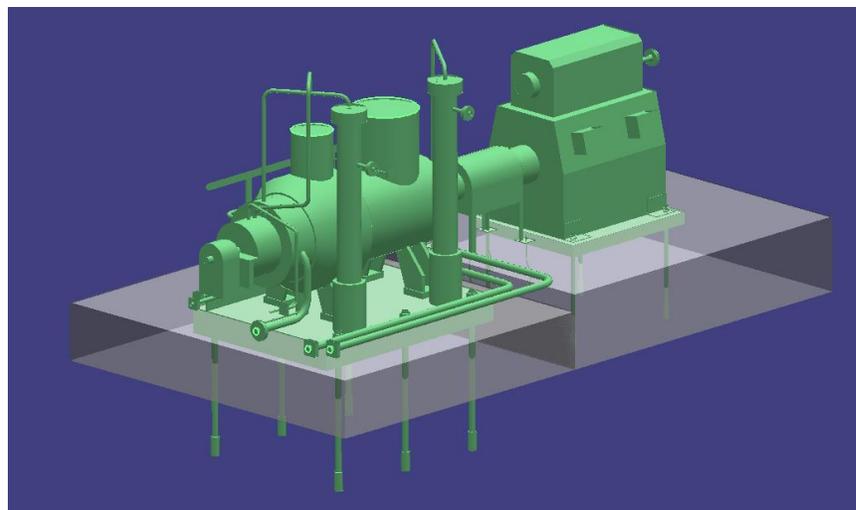


## 3D-модель оборудования

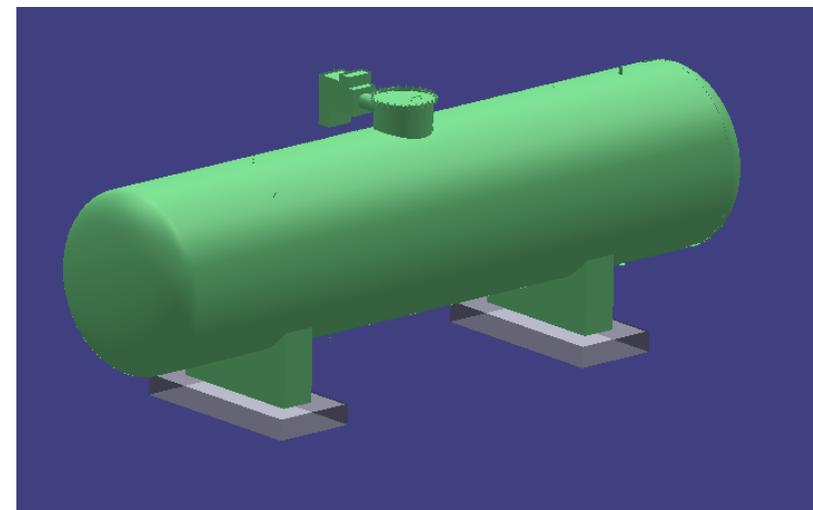
Теплообменник



Насос



Бак





## Требования при комплексной компоновке оборудования

### 1. Тип установки оборудования

- на фундаменте,
- на металлической раме
- на закладных листах

**2. Возможность монтажа в здании** (совмещенный монтаж, строительные проемы, монтажные проемы (временные))

**3. Тип и длина болтов для установки** (актуально в случае крепления оборудования к перекрытию, стенам)

**4. Минимальное расстояние вокруг оборудования для обслуживания**

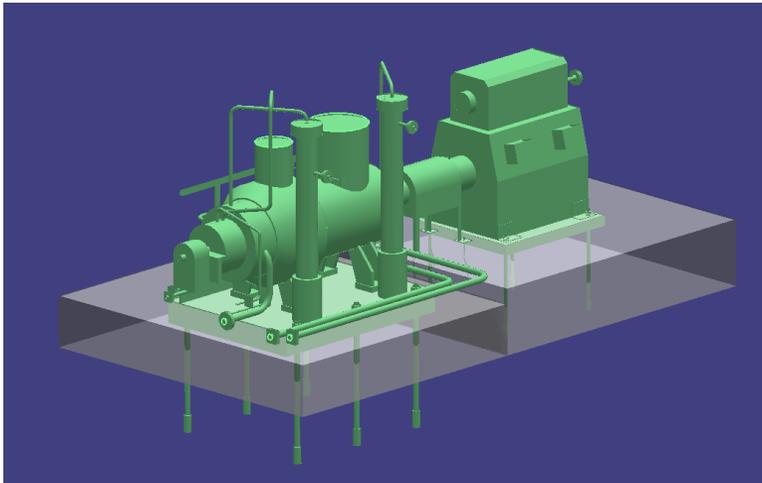
**5. Свободная зона и специальные устройства для вывоза оборудования в ремонт** (проемы, тали, краны)

**6. Возможность обвязки оборудования трубопроводами** (выполнение требований по длине прямого участка трубопровода на насосе, дренирование оборудования и др.)

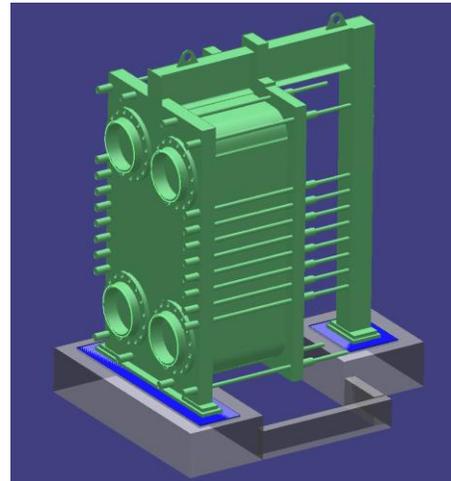
# Разработка компоновочных решений оборудования



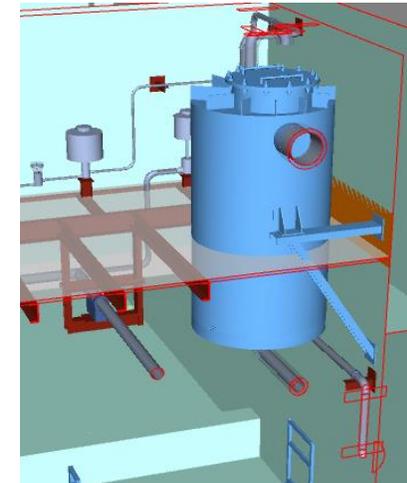
АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



Установка на фундамент  
С фундаментными болтами



Установка на фундамент  
На закладные листы

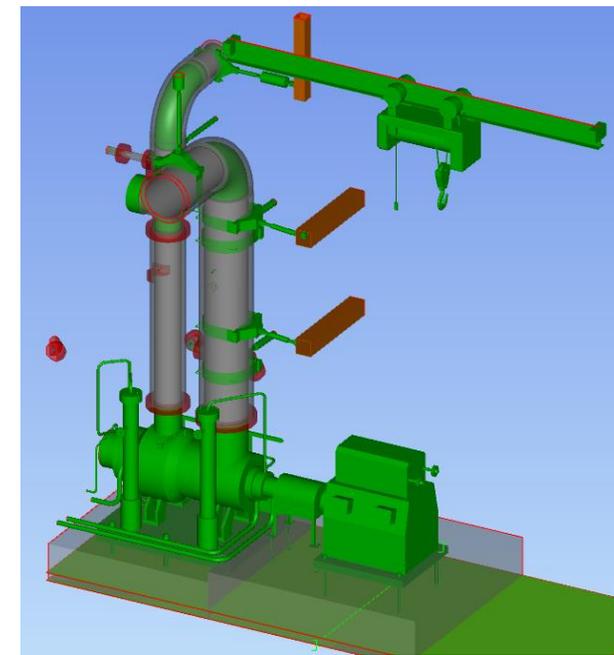
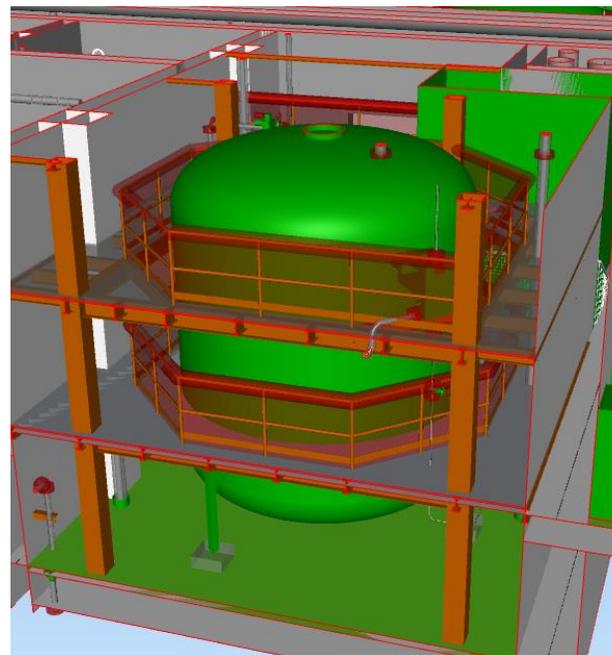
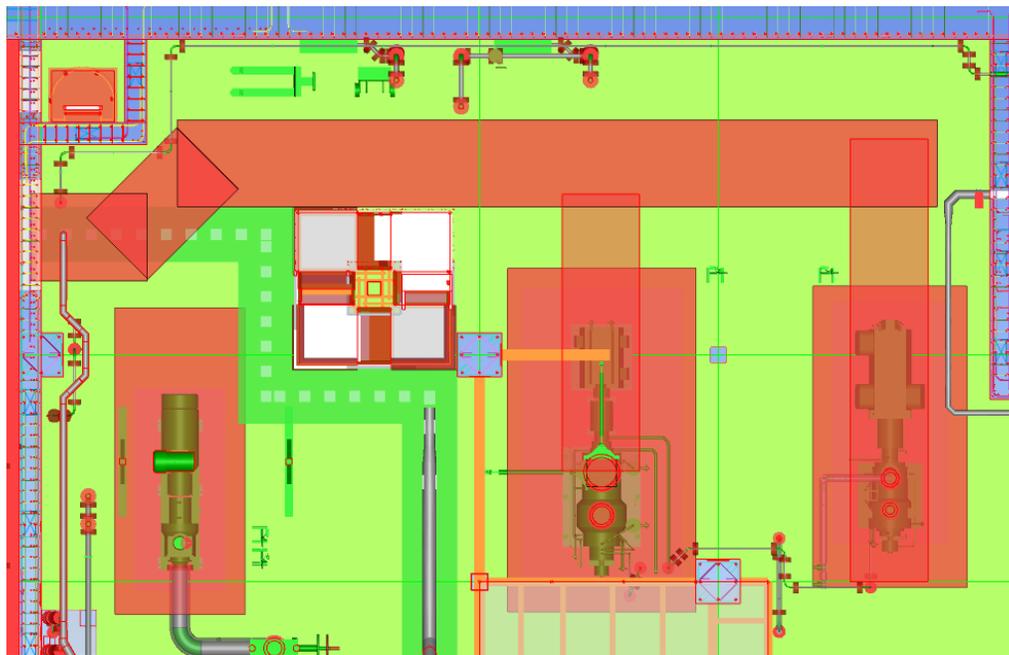


Крепление к стене

# Разработка компоновочных решений оборудования



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



Обслуживание оборудования и вывоз в ремонт

# Анализ специфических требований проекта



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Вопросы для повторения материала

1. Назовите основные виды крепления оборудования?

# Занятие 3: План



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ



1. Выбор сортамента трубопроводов
2. Разработка компоновочных решений оборудования
- 3. Разработка компоновочных решений трубопроводов**



## Компоновочные решения трубопроводов:

- Нормативная документация;
- Трассировка трубопроводов;
- Правила трассировки трубопроводов;
- Размещение арматуры;
- Точки контроля (КиП);
- Дренажи и воздушники;



## Нормативная документация

Основная нормативная документация для проектирования трубопроводов:

НП-001-97	Общие положения обеспечения безопасности атомных станций ОПБ-88/97
НП-089-15	Правила устройства и безопасность эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных и энергетических установок
НП-031-01	Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций
СНиП 3.05.05-84	Технологическое оборудование и технологические трубопроводы



## Трассировка трубопроводов

Определение оптимальной трассы с учетом:

- Технологических требований;
- Безопасности;
- Доступности для обслуживания;
- Экономичности;



## Трассировка трубопроводов

Грязные и чистые помещения:

Смотрим среду в системе и по активности определяем где вести:

Если активность среды больше или равна системы КАВ то мы считаем что это грязная система и не водим ее по чистым помещения (Обслуживаемые помещения Зона 1 и Зона 2).

Если система имеет активность такую же как КАА или ниже то она свободно может ходить в чистых помещениях;

Активность, Бк/кг:		
- «чистый» (КАА), не более	$2.0 \times 10^3$	
- «грязный» (КАВ), не более	$1.0 \times 10^5$	

## Трассировка трубопроводов

Грязные и чистые помещения:

### Вспомогательный корпус 10УКА



В чертежах  
0 зона -голубая  
1 зона- светло-зеленая  
2 зона - темно-зеленая  
3 зона -желтая  
4 зона -красная

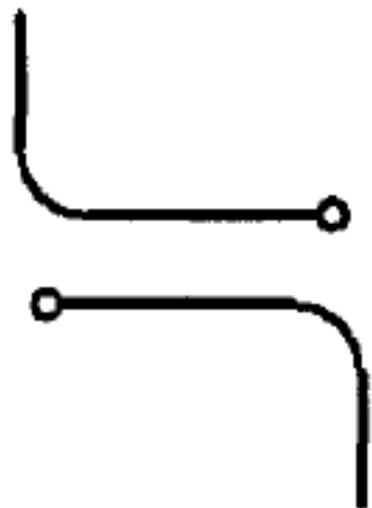
Таблица А.1 – Классификация зон радиации

Проектная зона радиации согласно п.1.4.4.4.5 ТЗ на АЭС [7]	Категория по СП АС-03 [6]	Внешнее облучение, мкЗв/ч	Загрязнение воздуха, DAC*	Поверхностные загрязнения, Бк/см <sup>2</sup>	
				α	β
Зона свободного доступа (ЗСД) – персонал группы Б					
0	-	< 1	<< 0.1	< 0.4	< 4
Зона контролируемого доступа (ЗКД) – персонал группы А					
1	III постоянного пребывания	1 - 10	< 0.1	< 0.4	< 4
2	II периодически обслуживаемые	10 - 20	0.1- 1	< 4	< 40
3		20 -1000	1 - 10	> 4	> 40
4	I необслуживаемые	> 1000	> 10	> 4	> 40
Примечание - * DAC - допустимая объемная активность в воздухе для персонала в соответствии с IAEA GSG-7 [8]					

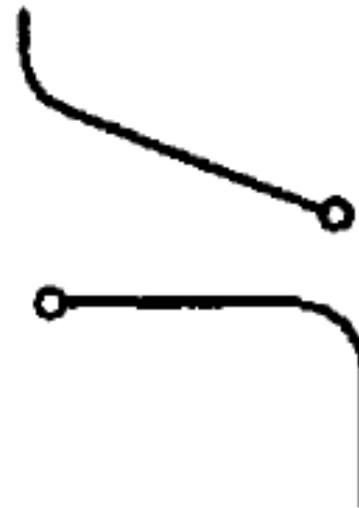


## Правила трассировки трубопроводов

Достижение наименьших гидравлических потерь:



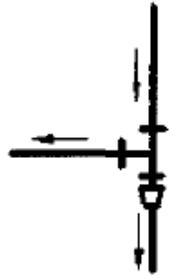
Неправильно



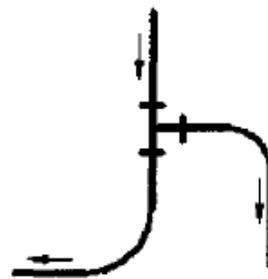
Правильно

## Правила трассировки трубопроводов

Правильная установка тройников;

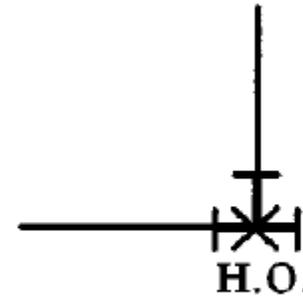


Неправильно

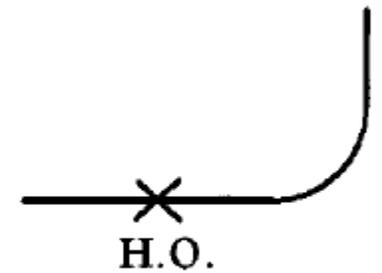


Правильно

Рисунок 1

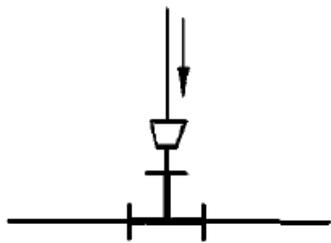


Неправильно

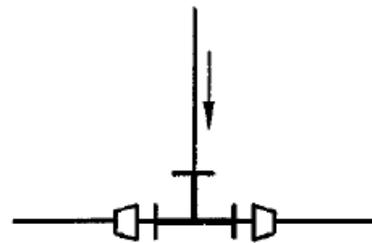


Правильно

Рисунок 2



Неправильно



Правильно

Рисунок 3

## Правила трассировки трубопроводов

Учет уклона при трассировки;

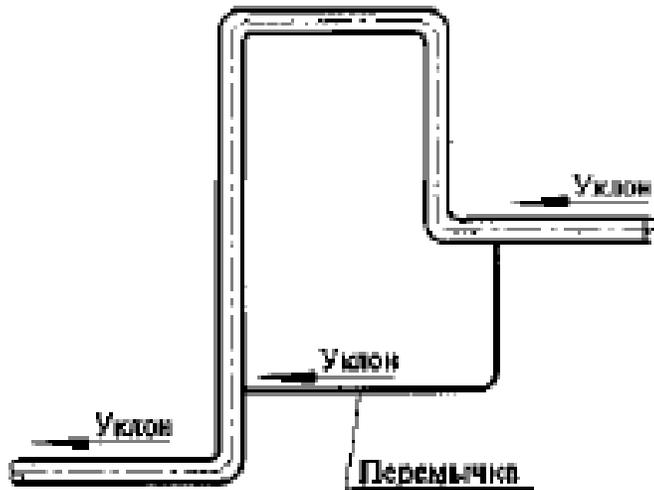


Рисунок 1

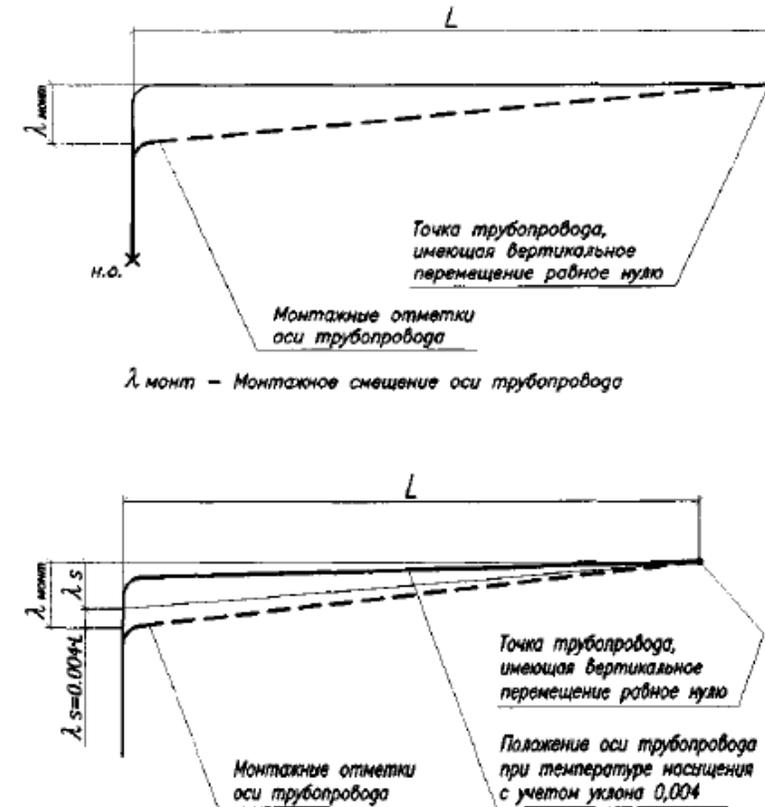


Рисунок 2

## Размещение арматуры

Типы арматур:

- Запорно-регулирующая
- Предохранительная

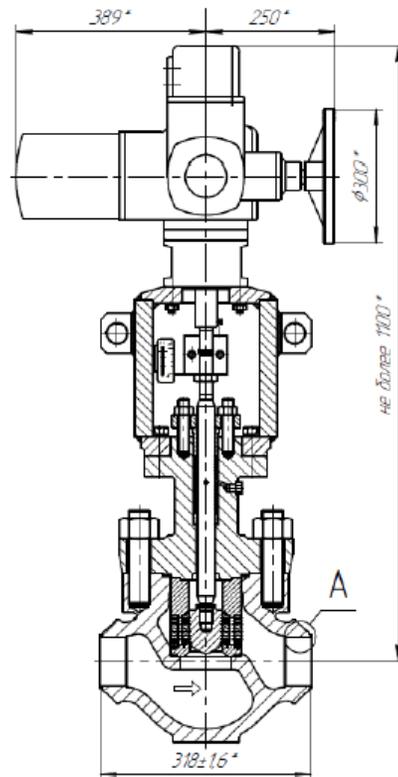
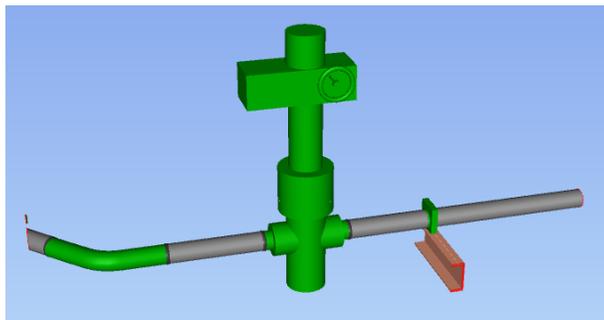


Рисунок 1

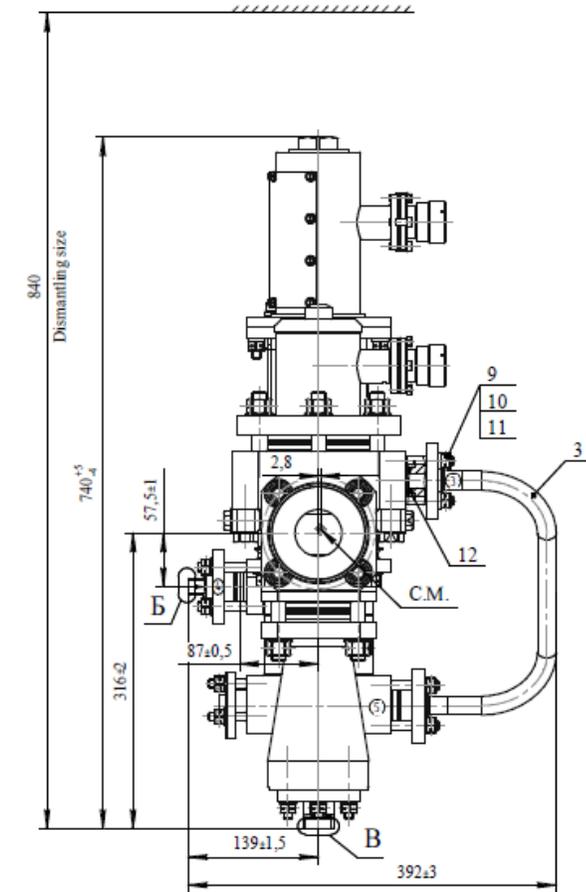
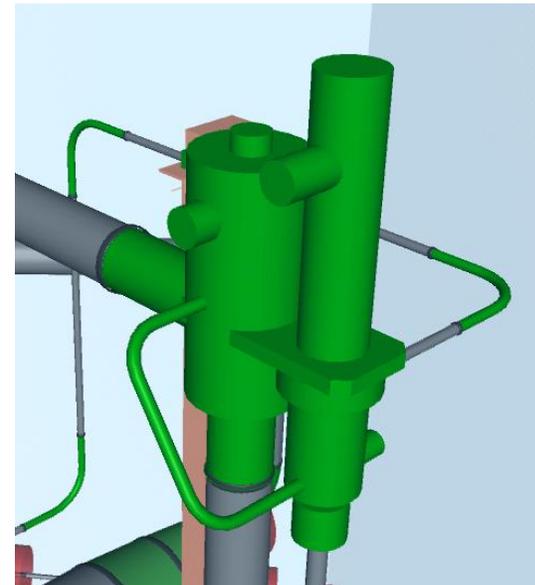


Рисунок 2

## Размещение арматуры

Типы арматур:

- Осевая
- Перепадная

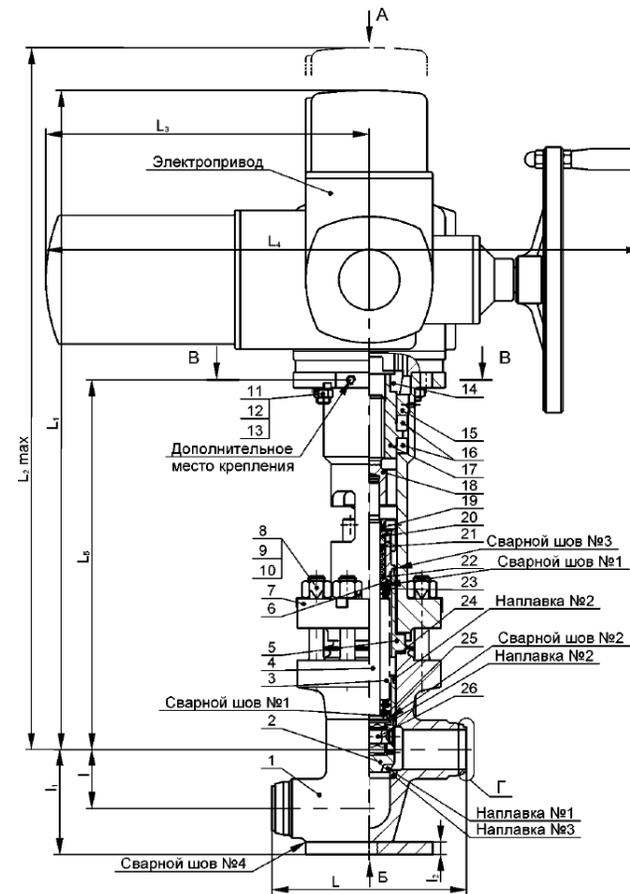
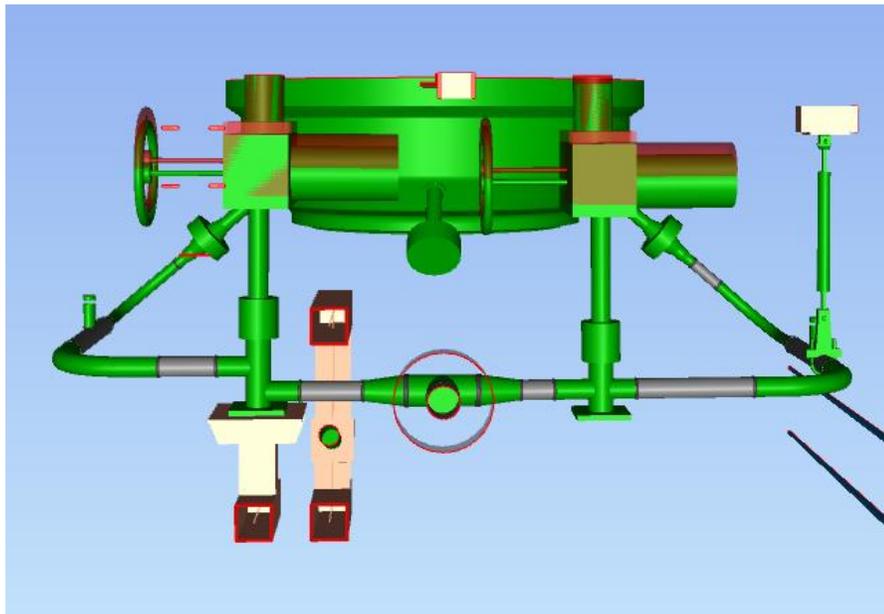


Рисунок 1

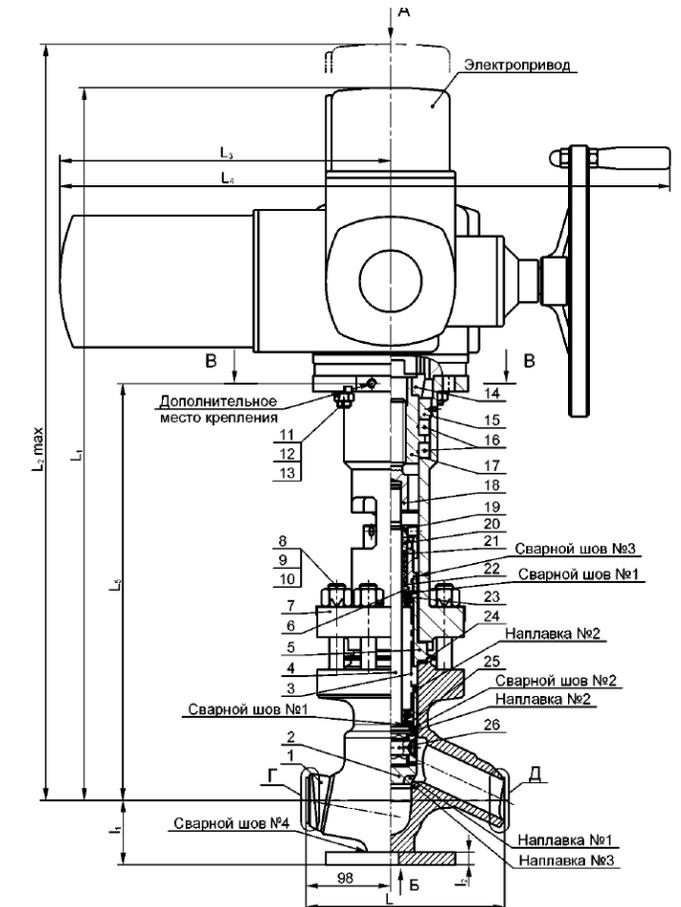


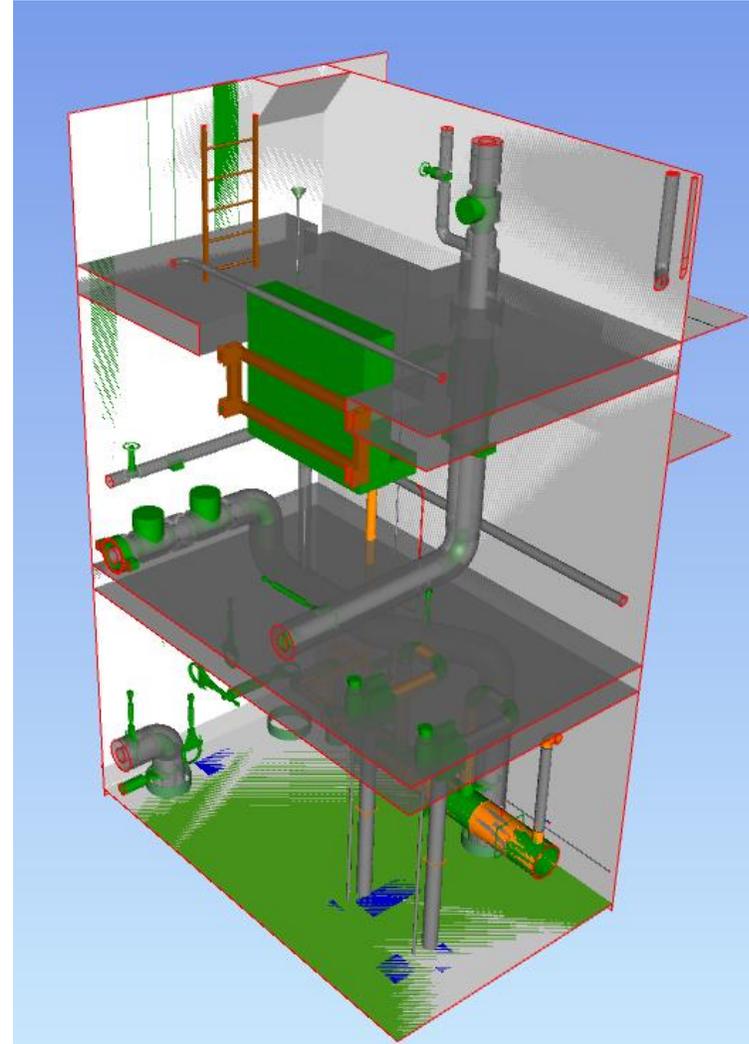
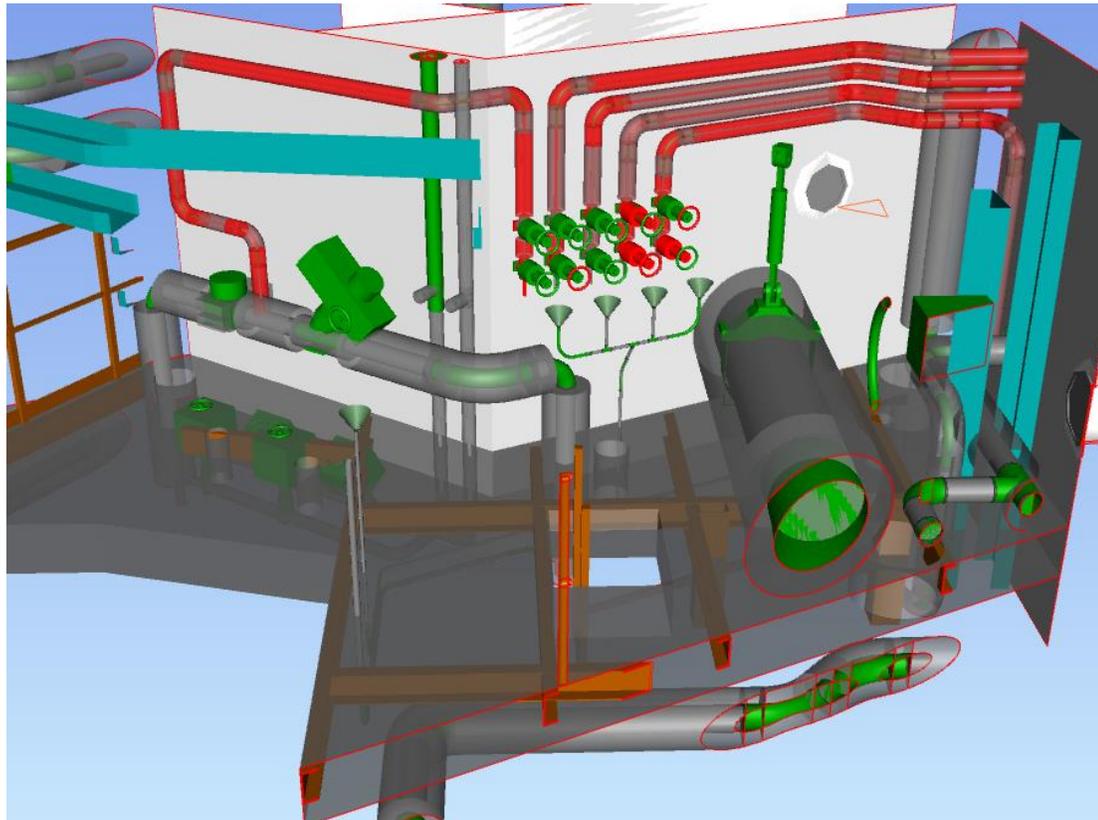
Рисунок 2



## Размещение арматуры

Определение мест установки с учетом:

- Доступности
- Удобства обслуживания



## Точки контроля (КиП)

Выбор места для установки:

- Давления
- Температуры;

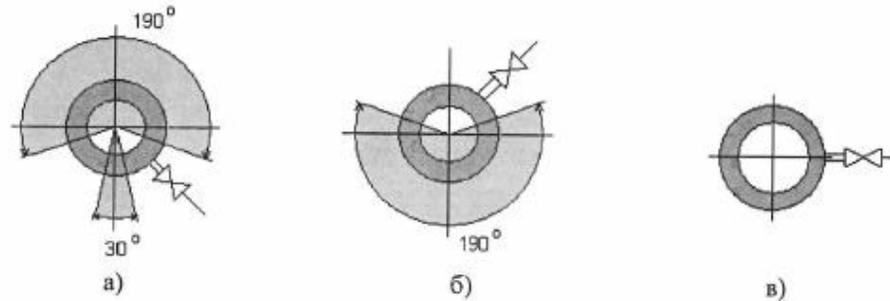


Рисунок 1

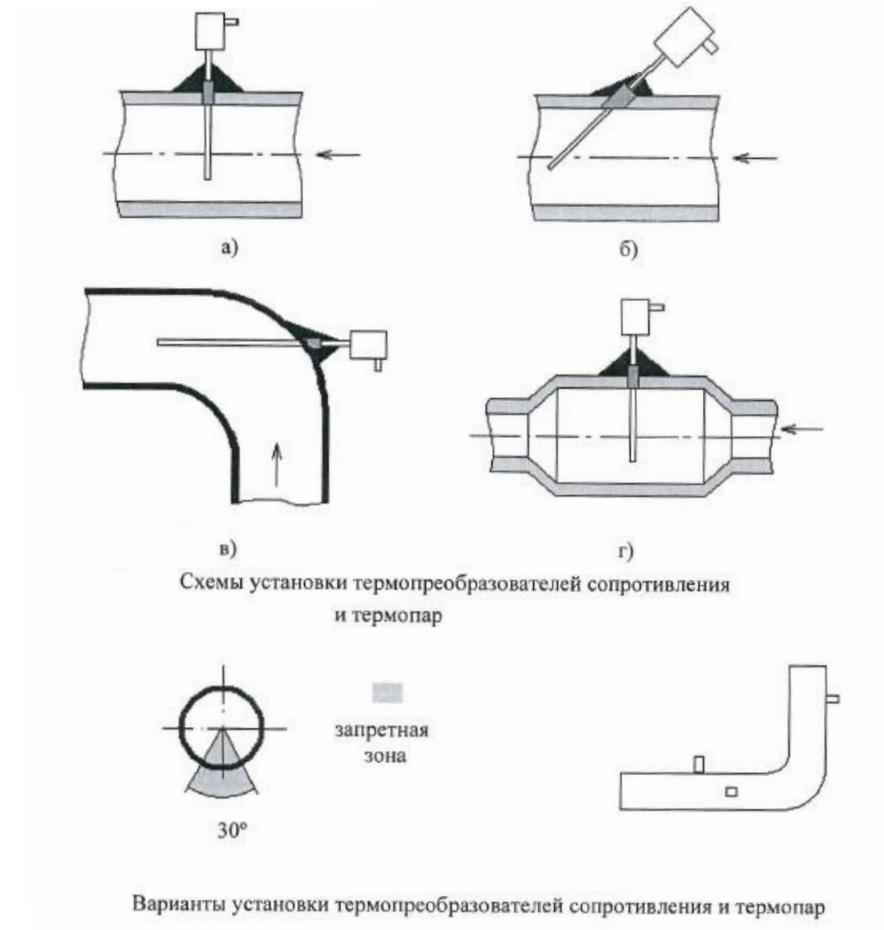


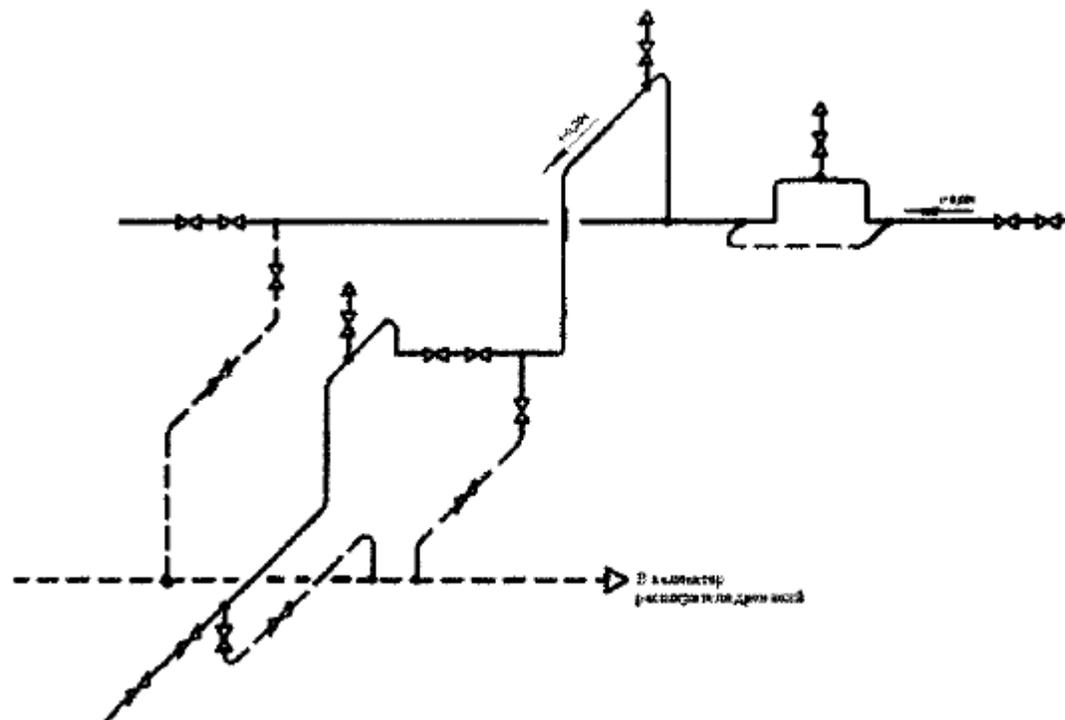
Рисунок 2

# Разработка компоновочных решений трубопроводов



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Дренажи и воздушники

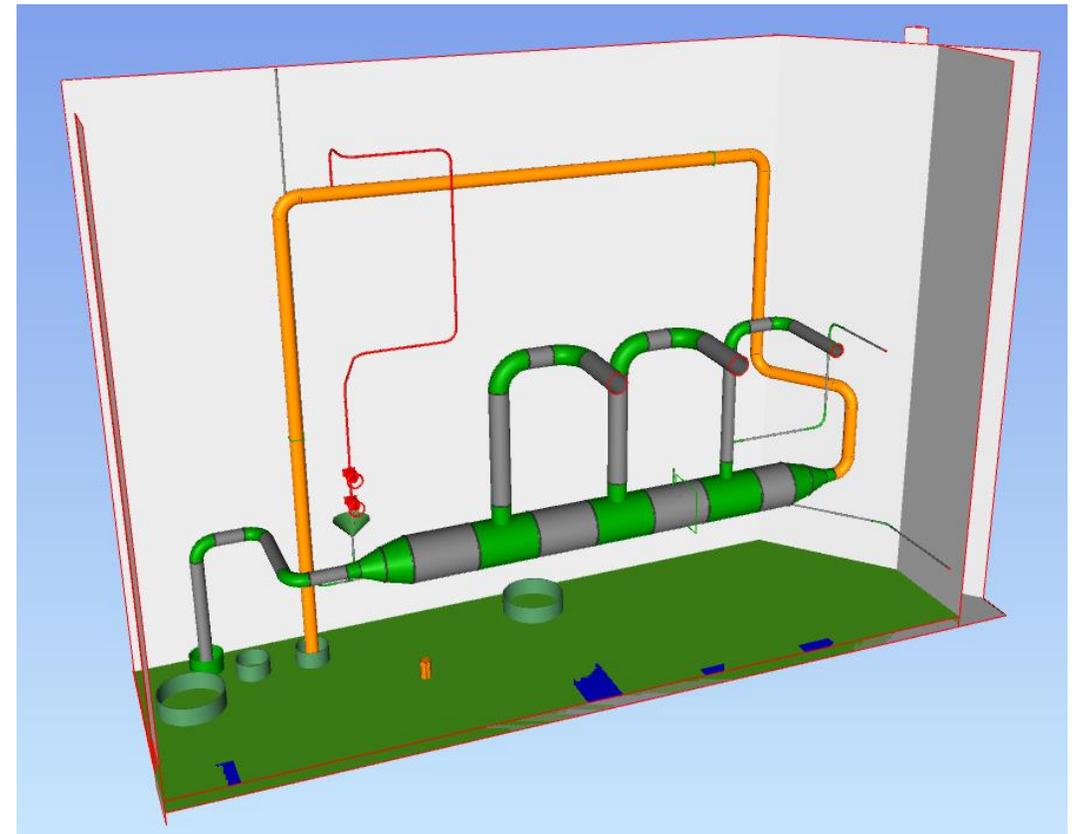
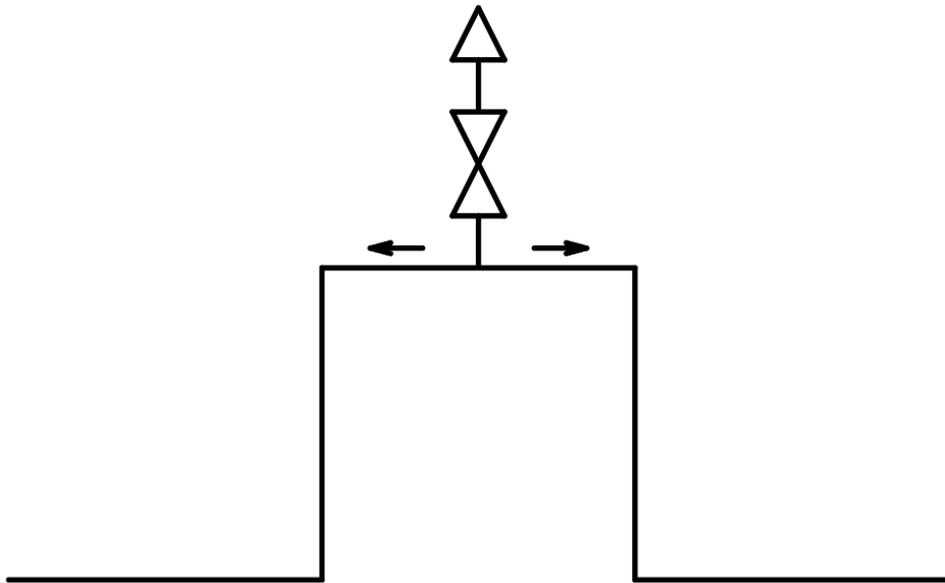




## Дренажи и воздушники

Установка воздушников для:

- Удаления воздуха из системы
- Предотвращения образования воздушных пробок;

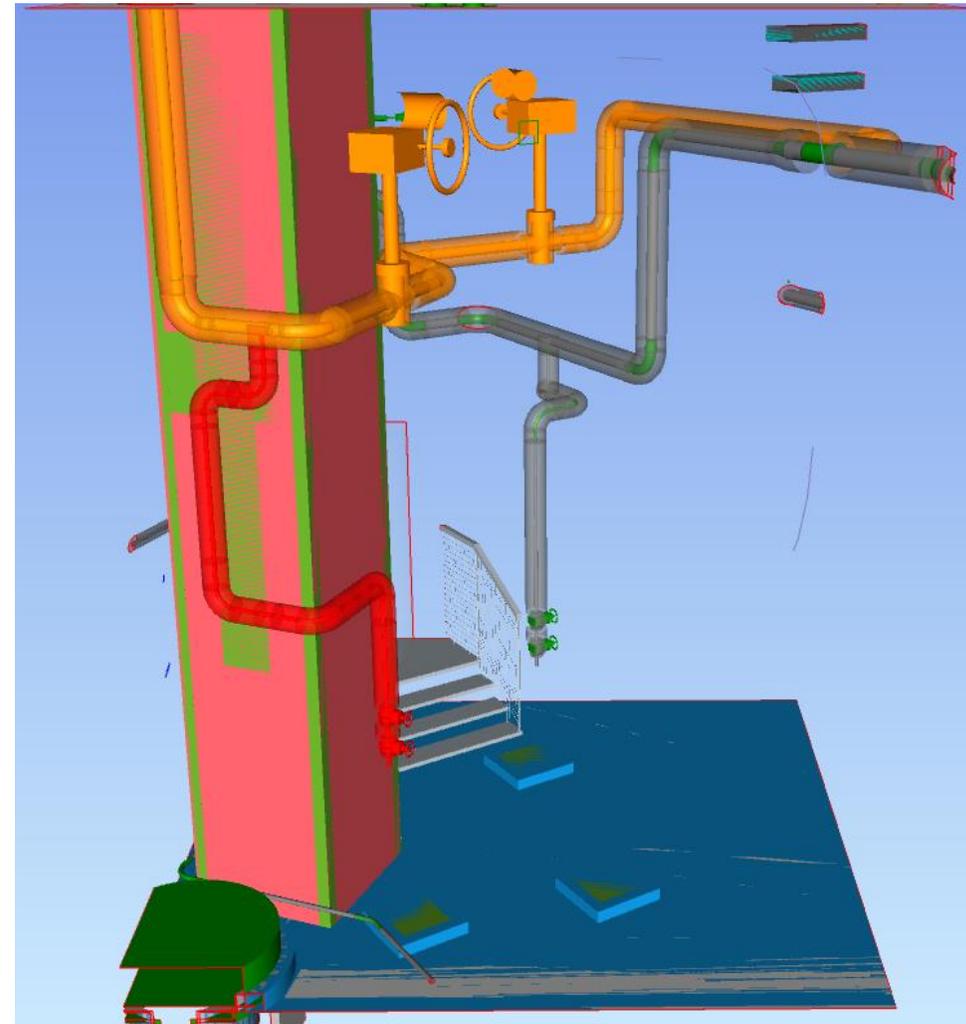
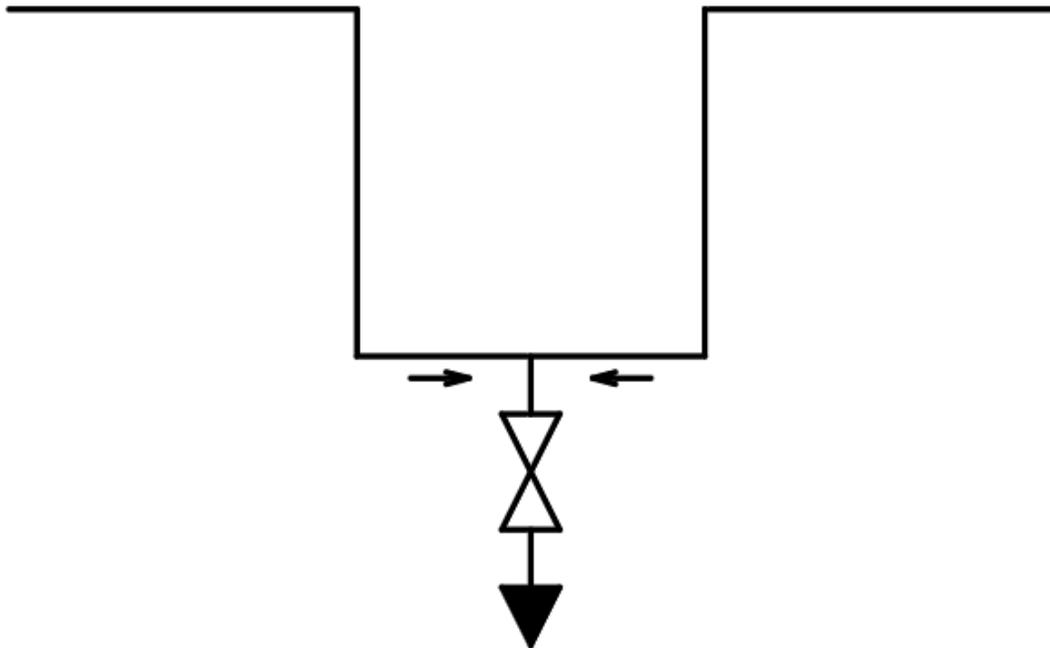




## Дренажи и воздушники

Установка дренажей для:

- Слива теплоносителя
- Удаления конденсата



# Анализ компоновки окружения



АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ  
РОСАТОМ

## Вопросы для повторения материала

1. Какие факторы необходимо учитывать при выборе трассы трубопроводов?
2. Основные принципы при разработке дренажей и воздушников?