

КУРС R00: «СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ РЦ»

МОДУЛЬ 2: «СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ РО»

ТЕМА 1: «ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РУ»

ЗАНЯТИЕ 5: «ПАРОГЕНЕРАТОР»

ЦЕЛИ ОБУЧЕНИЯ

- Объяснить назначение и классификацию парогенератора
- Описать технические характеристики ПГ
- Описать состав и конструкцию парогенератора
- Объяснить принцип действия парогенератора

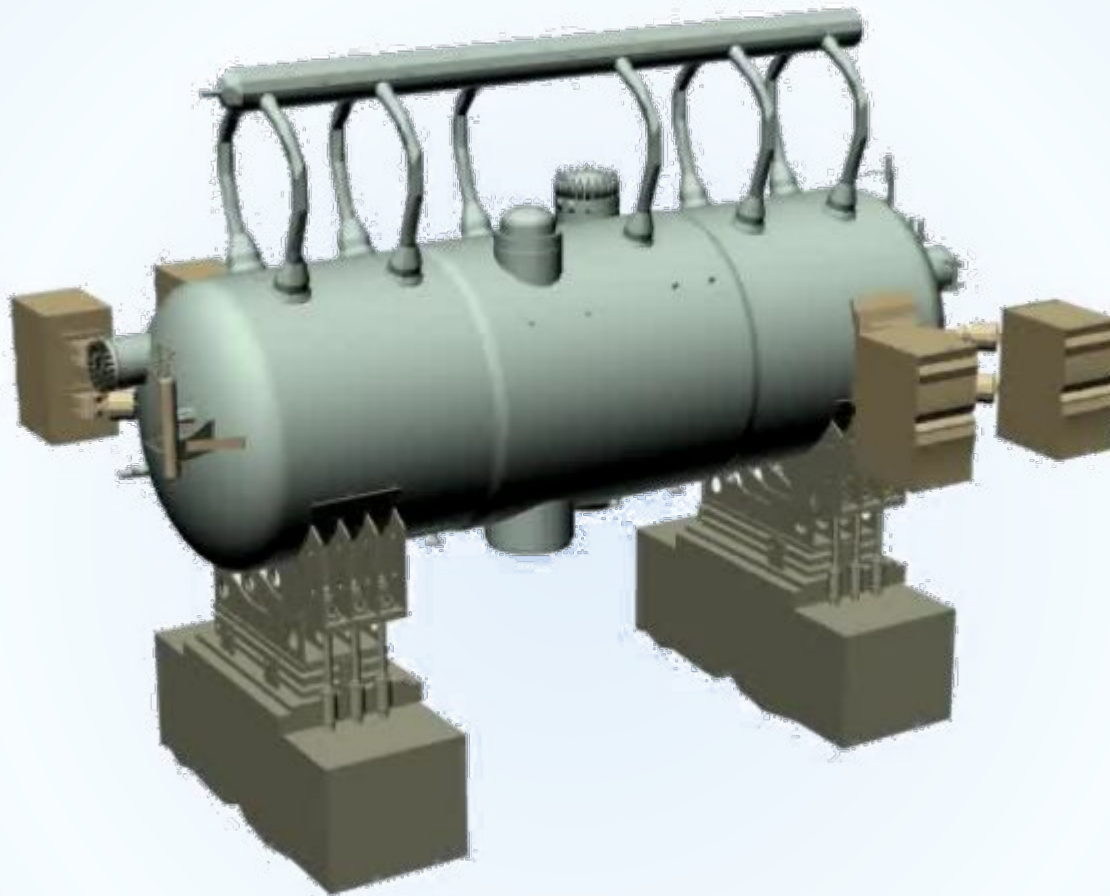
НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПАРОГЕНЕРАТОРА

Парогенератор ПГВ-1000МКП с опорами предназначен для генерации сухого насыщенного пара за счет отвода тепла от теплоносителя первого контура.

Парогенераторы выполняют следующие функции:

- обеспечение нормального функционирования без остановки при сейсмическом воздействии, равном проектному землетрясению;
- надежное обеспечение охлаждения теплоносителя до требуемого уровня температур в проектных режимах;
- охлаждение теплоносителя первого контура в режиме естественной циркуляции при останове всех ГЦНА;
- являются границей теплоносителя первого контура;
- обеспечение при необходимости расхолаживания реакторной установки в режимах с нарушениями нормальных условий эксплуатации и при проектных авариях через систему продувки и аварийного расхолаживания парогенератора;
- обеспечение отвода тепла от реакторной установки при запроектных авариях через систему пассивного отвода тепла, предназначенную для отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора при полной потере станцией всех источников электроснабжения.

ОБЩИЙ ВИД ПАРОГЕНЕРАТОРА



Геометрические и весовые характеристики ПГВ-1000МКП

Классификация парогенераторов ПГВ-1000МКП

Классификация сборочных единиц и отдельных элементов ПГВ-1000МКП с опорами

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И ВЕСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПГ

Параметр	Значение
Внутренний диаметр корпуса, м	4200
Длина, м	13,82
Толщина корпуса в средней части /на днищах, мм	145/135
Материал корпуса и коллекторов	сталь 10ГН2МФА
Материал теплообменных труб	сталь 08Х18Н10Т
Материал коллектора питательной воды	сталь 20



КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ

ПГВ-100МКП

Парогенератор ПГВ-1000МКП с опорами является элементом нормальной эксплуатации, по влиянию на безопасность – изделием, важным для безопасности АЭС, и отнесен к классу безопасности 1. Классификационное обозначение парогенератора - 1Н в соответствии с документом «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (ОПБ-88/97). Парогенератор ПГВ-1000МКП с опорами отнесен к группе А в соответствии с документом «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», к оборудованию I категории сейсмостойкости в соответствии с документом «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций» (НП-031-01). Для площадки размещения основных зданий и сооружений НВАЭС проектное землетрясение принято 6 баллов, максимальное расчетное землетрясение – 7 баллов.



КЛАССИФИКАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000МКП С ОПОРАМИ

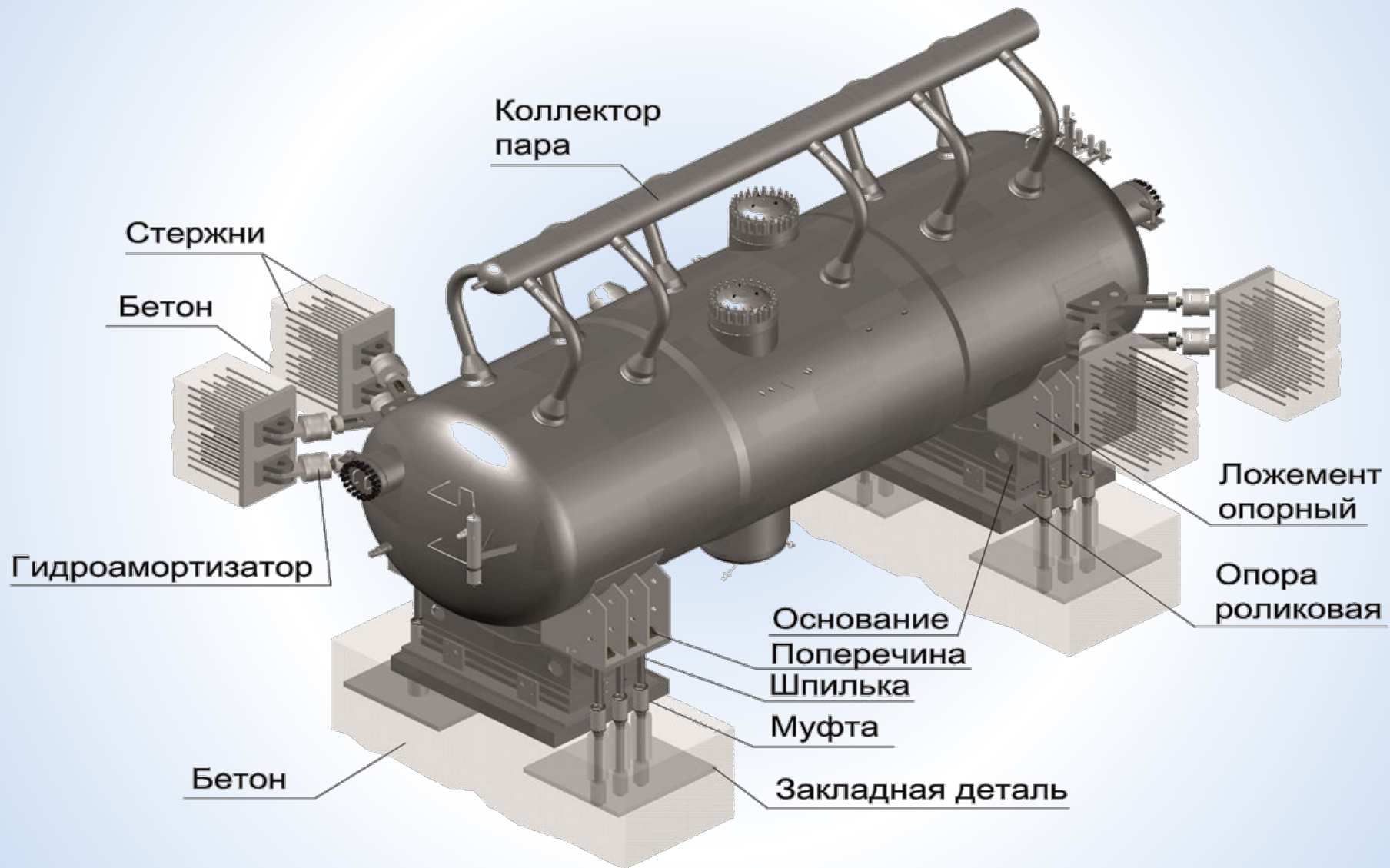
Наименование сборочных единиц и элементов парогенератора	Группа оборудования / ПН АЭ Г-7-008-89/	Классификация оборудования / ОПБ-88/97, НП-001-97 (ПН АЭ Г-01-011-97)/	Категория сейсмостойкости / НП-031-01 /
1 Корпус парогенератора	А	1Н	I
2 Коллектор первого контура	А	1Н	
3 Коллектор пара	В	2Н	
4 Змеевик (теплообменная труба)	В	2Н	
5 Внутрикорпусные устройства (в том числе опорные конструкции)	1) 2) 3)	2Н	
6 Уравнительные сосуды УСБ и СНЭ	В	2НУ, 2Н	
7 Опора (ложемент опорный, основание, опоры роликовые)	1)	2Н	
8 Удерживающие элементы опоры (поперечины, муфты, гайки, шпильки)	1) 2) 3)	2Н	
9 Гидроамортизатор Р-450, кронштейны для закрепления гидроамортизаторов	1) 2) 3)	2З	



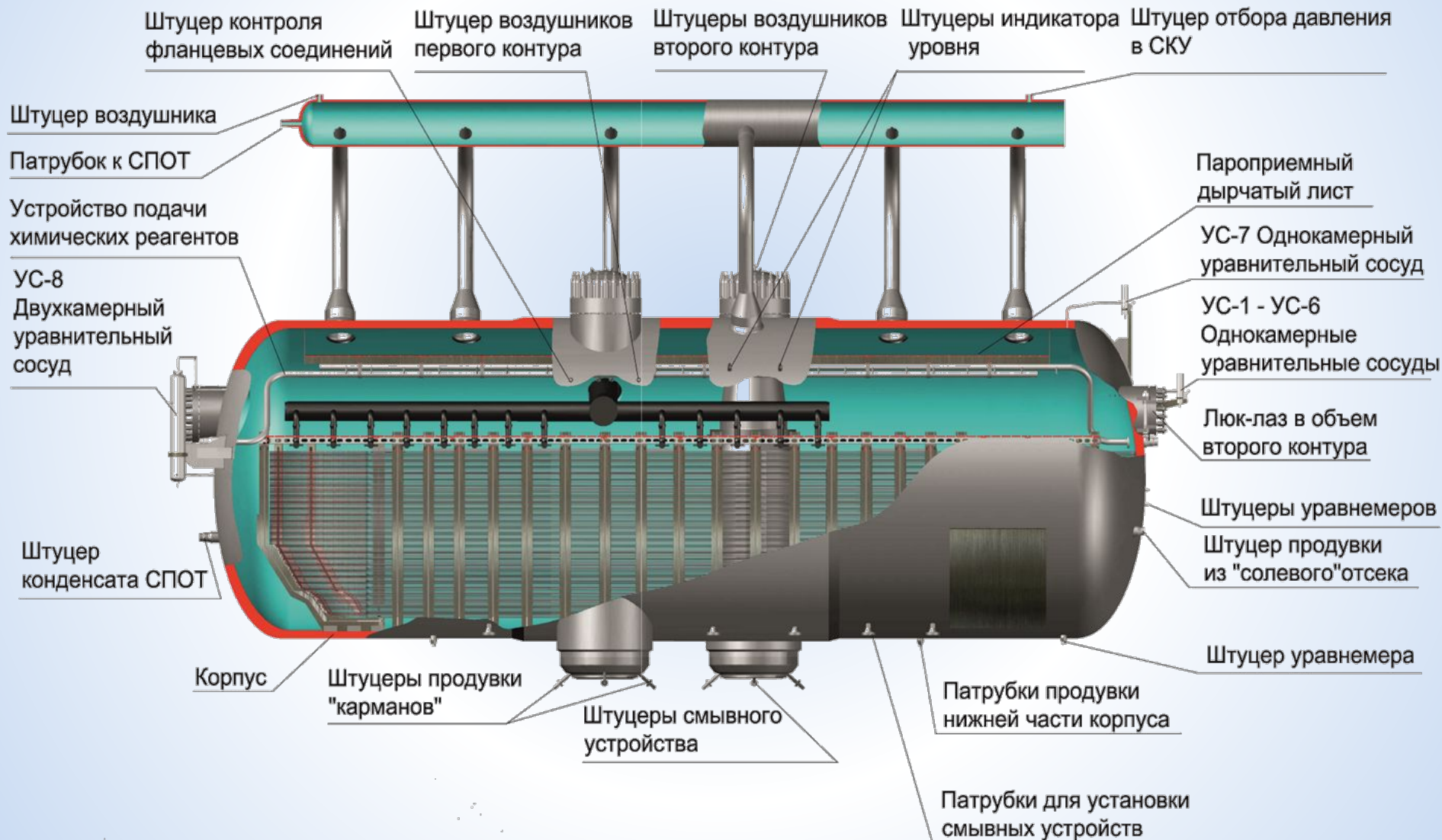
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000МКП

Наименование параметра	Значение
Номинальная тепловая мощность, МВт	803
Максимальная тепловая мощность, МВт	859
Паропроизводительность (при $t_{пв}=225$ °С, при продувке 15 т/ч), т/ч	1602+112
Давление генерируемого пара на выходе из коллектора пара ПГ, МПа, абс	7,00±0,10
Температура генерируемого пара на выходе из коллектора пара ПГ, °С	285,8±1,0
Температура питательной воды в номинальном режиме, °С	225±5
Влажность пара на выходе из коллектора пара ПГ, % масс., не более	0,20
Давление теплоносителя первого контура на входе в ПГ, МПа, абс.	16,14±0,30
Расход непрерывной продувки, т/ч : <ul style="list-style-type: none"> • из «солевого» отсека через патрубок Ду50 на «холодном» днище • из патрубков Ду 50 нижней образующей корпуса • из штуцеров Ду 30 «карманов» коллекторов 	До 15 2-5 2-5
Расход периодической продувки, т/ч: <ul style="list-style-type: none"> • из патрубков нижней образующей корпуса; • из штуцеров «карманов» коллекторов 	До 20 До 20
Максимальный расход продувки из солевого отсека, т/ч	До 40
Максимальный суммарный расход продувки всех ПГ при включенной периодической продувке одного ПГ, т/ч	140

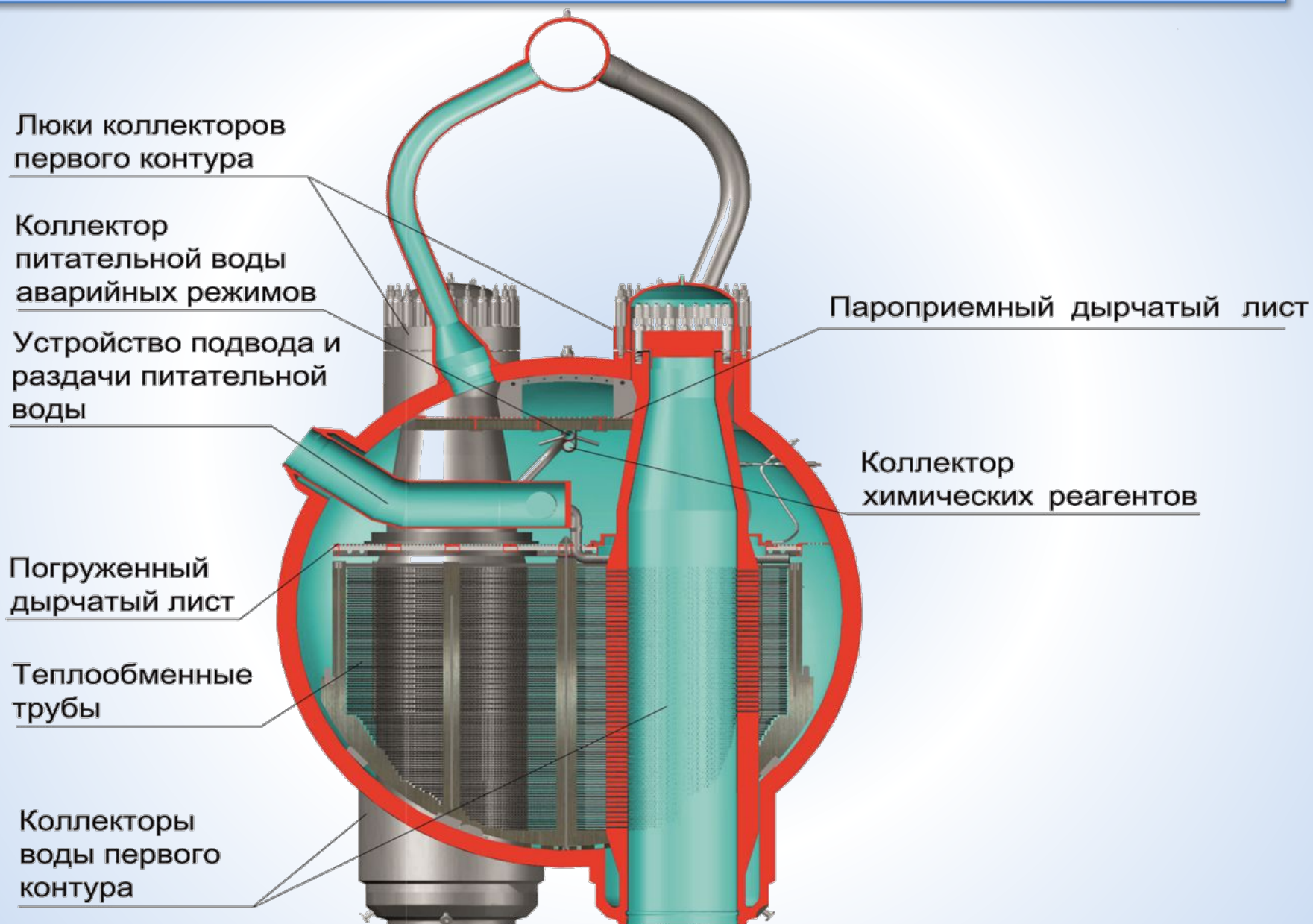
ОБЩИЙ ВИД ПАРОГЕНЕРАТОРА



ПАРОГЕНЕРАТОР ПГВ-1000МКП (ВИД 1)

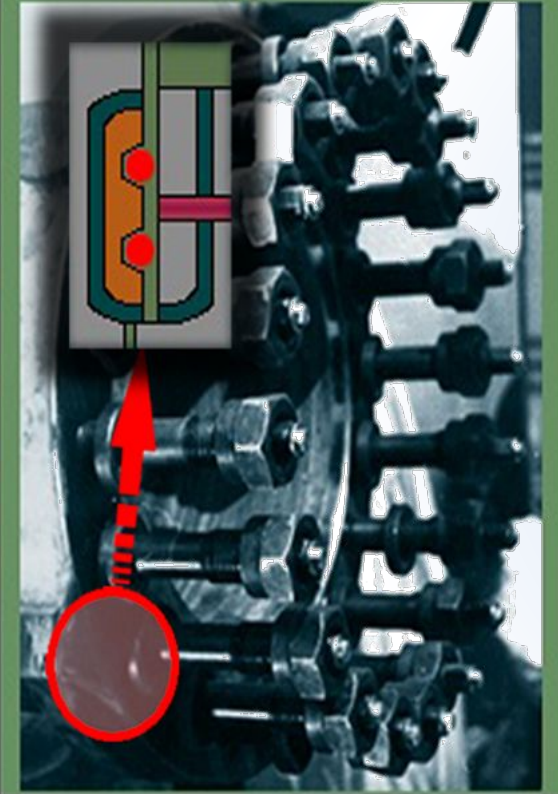


ПАРОГЕНЕРАТОР ПГВ-1000МКП (ВИД 2)

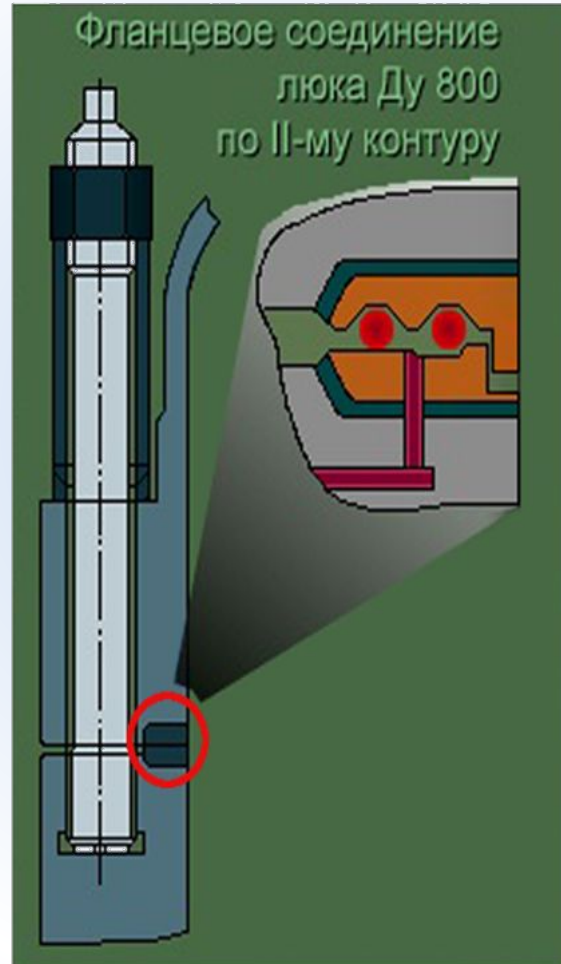


ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

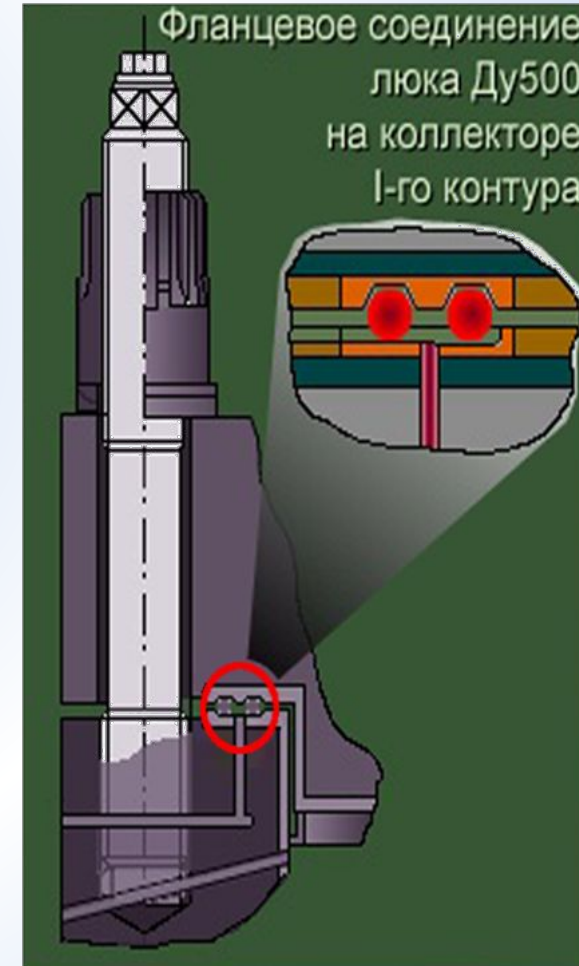
Фланцевое соединение люка-лаза Ду 500 по II-му контуру



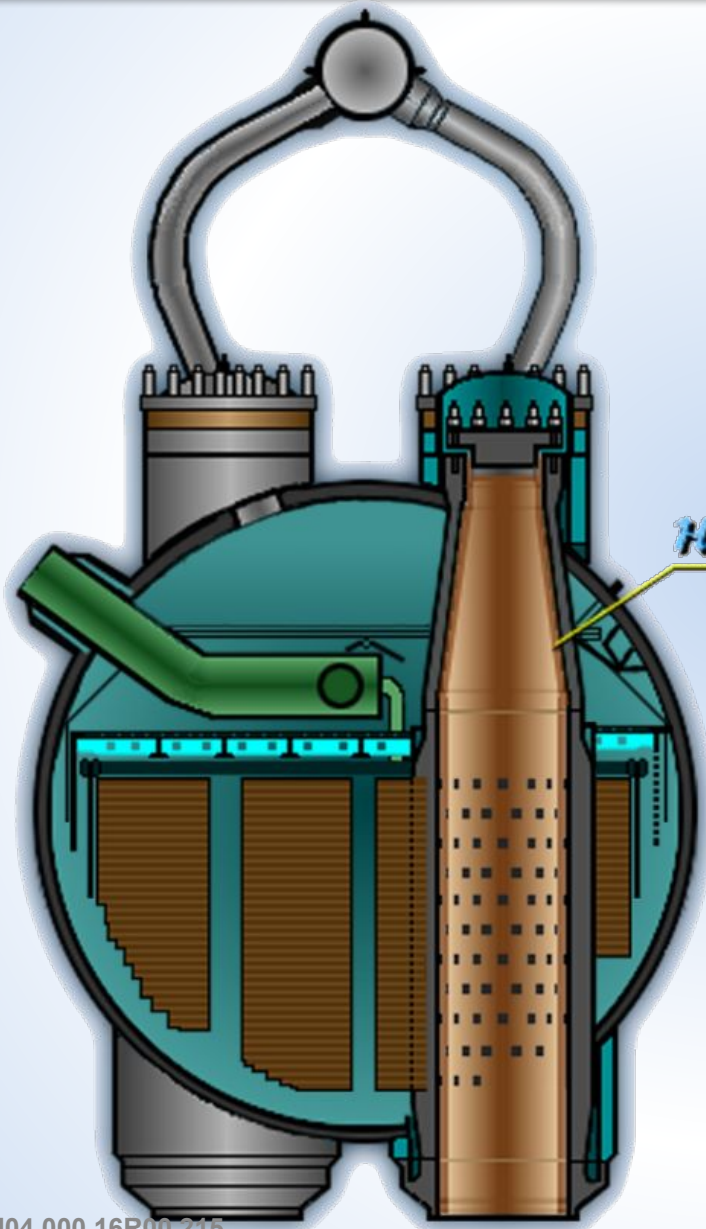
Фланцевое соединение люка Ду 800 по II-му контуру



Фланцевое соединение люка Ду500 на коллекторе I-го контура



КОЛЛЕКТОР ПЕРВОГО КОНТУРА



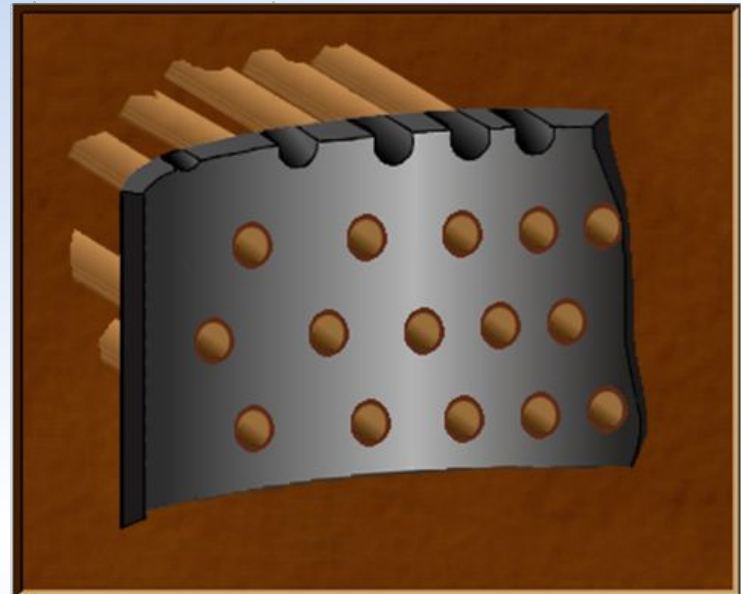
10978 шт - количество теплообменных труб;

16,25 мм - номинальный наружный диаметр;

1,5 мм - номинальная толщина стенки.

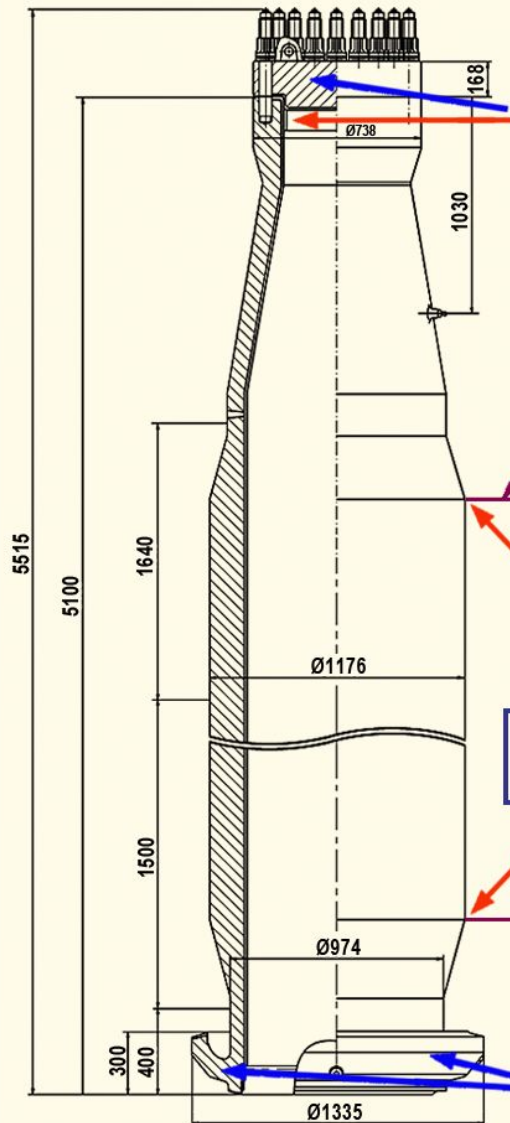
Трубки изготавливаются из стали аустенитического класса 08Х18Н10Т.

наплавка



КОЛЛЕКТОР I КОНТУРА

Общий вид коллектора I контура



Крышка с вытеснителем

Коллектор выполнен из стали 10ГН2МФА электрошлакового переплава. Внутренние поверхности частей коллектора, включая крышку, плакированы антикоррозионной наплавкой.

Вытеснитель на крышке выполняет роль дросселирующего устройства, предназначенного для уменьшения проходного сечения до условного прохода диаметром менее 100 мм и ограничения истечения теплоносителя первого контура во 2 при проектной расчетной аварии - отрыве крышки коллектора.

Верхний ряд отверстий

Зона перфорации

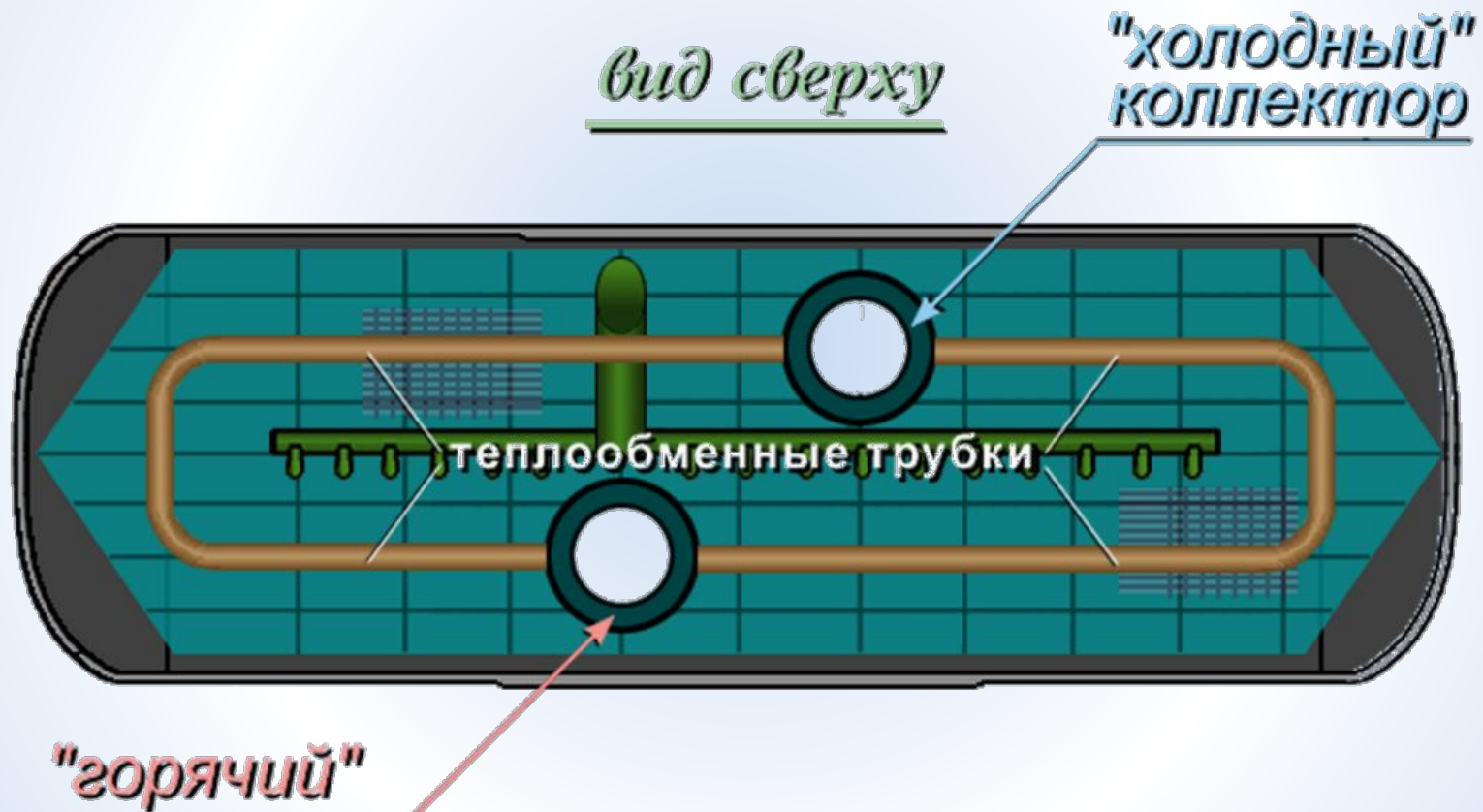
10978 отверстий с диаметром 16,25 мм. Расположение отверстий шахматное: шаг отверстий 44 мм по вертикали и 30,8 мм по горизонтали.

Нижний ряд отверстий

Кольцо переходного коллектора

Общая высота коллектора (без крышки с вытеснителем) 5100 мм, максимальный диаметр 1176 мм при толщине стенки 171 мм.

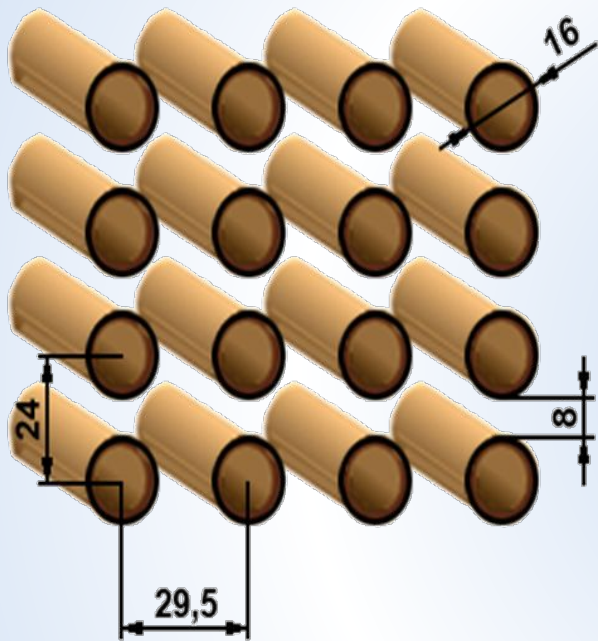
ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА



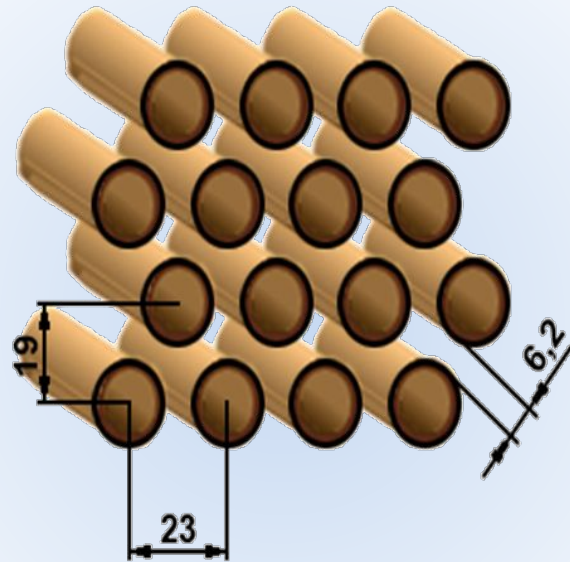
ТЕПЛООБМЕННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ



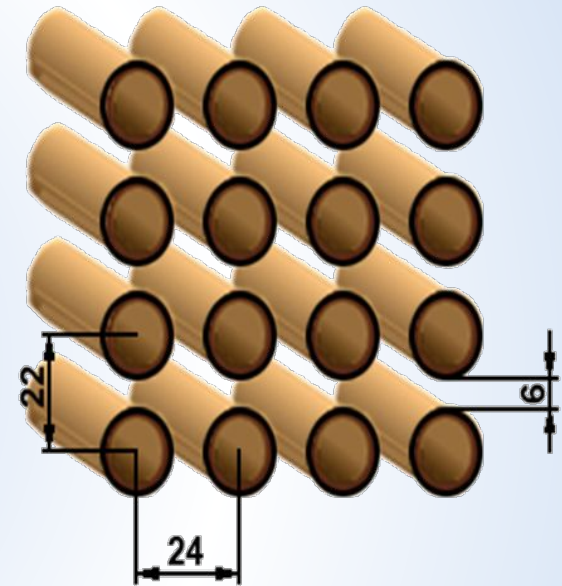
РАСПОЛОЖЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБОК



ПГВ - 440



ПГВ - 1000

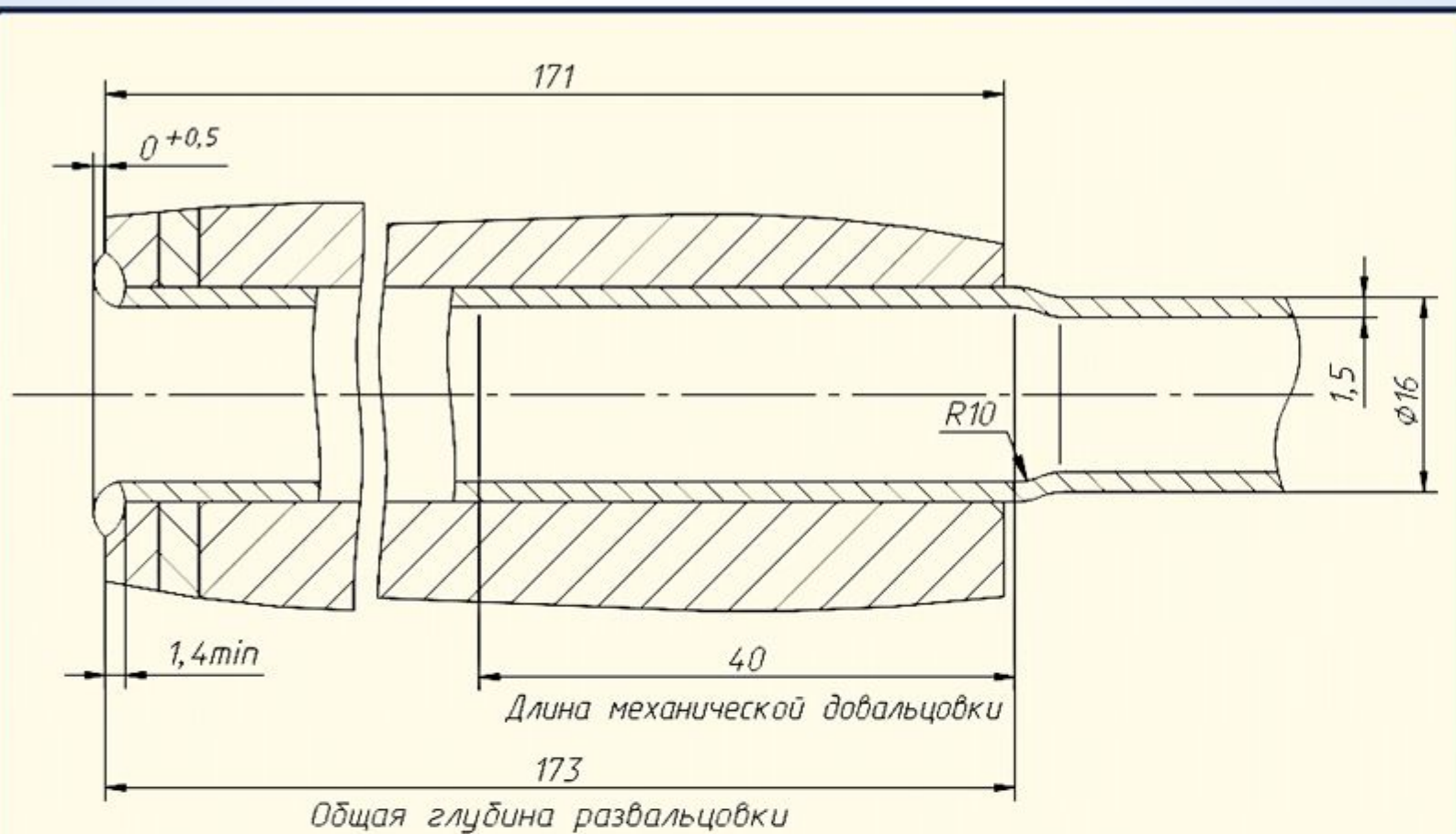


Оптимизированная
компоновка

ТЕПЛООБМЕННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

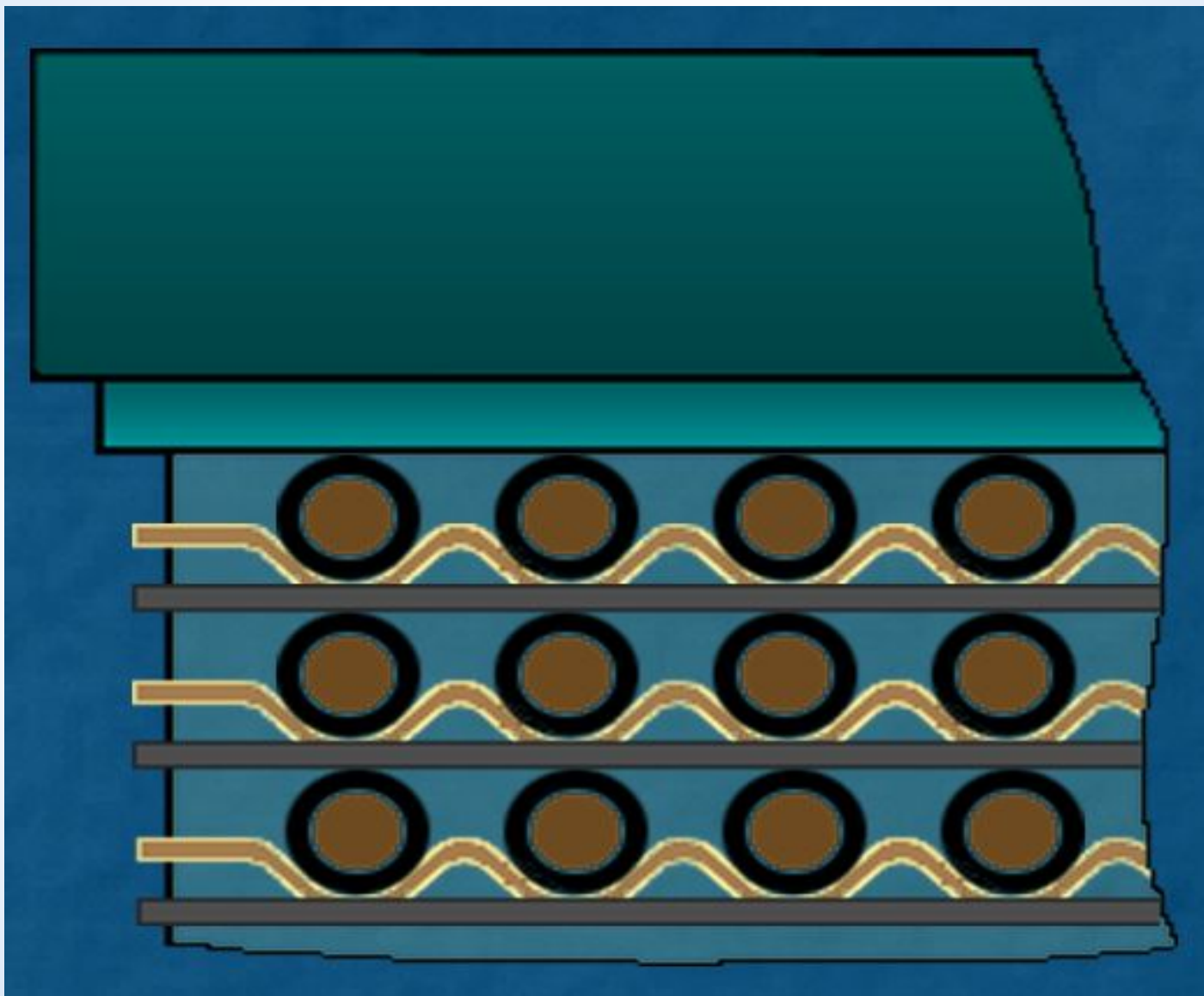


ЗАДЕЛКА ТРУБ В КОЛЛЕКТОРАХ



Заделка теплообменных труб в коллекторах

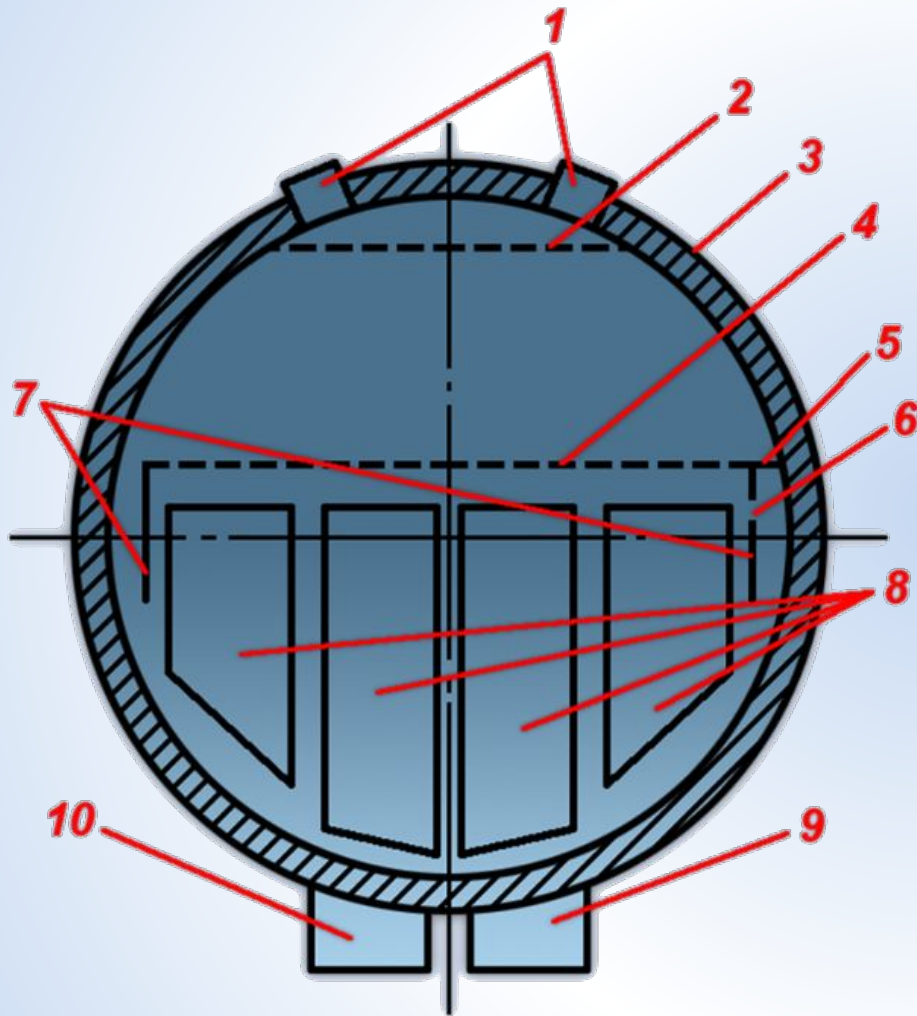
ДИСТАНЦИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



ДИСТАНЦИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



СЕПАРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

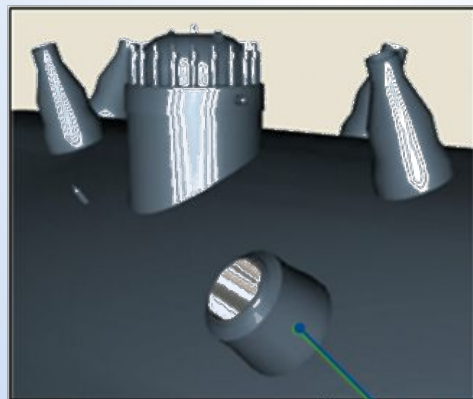
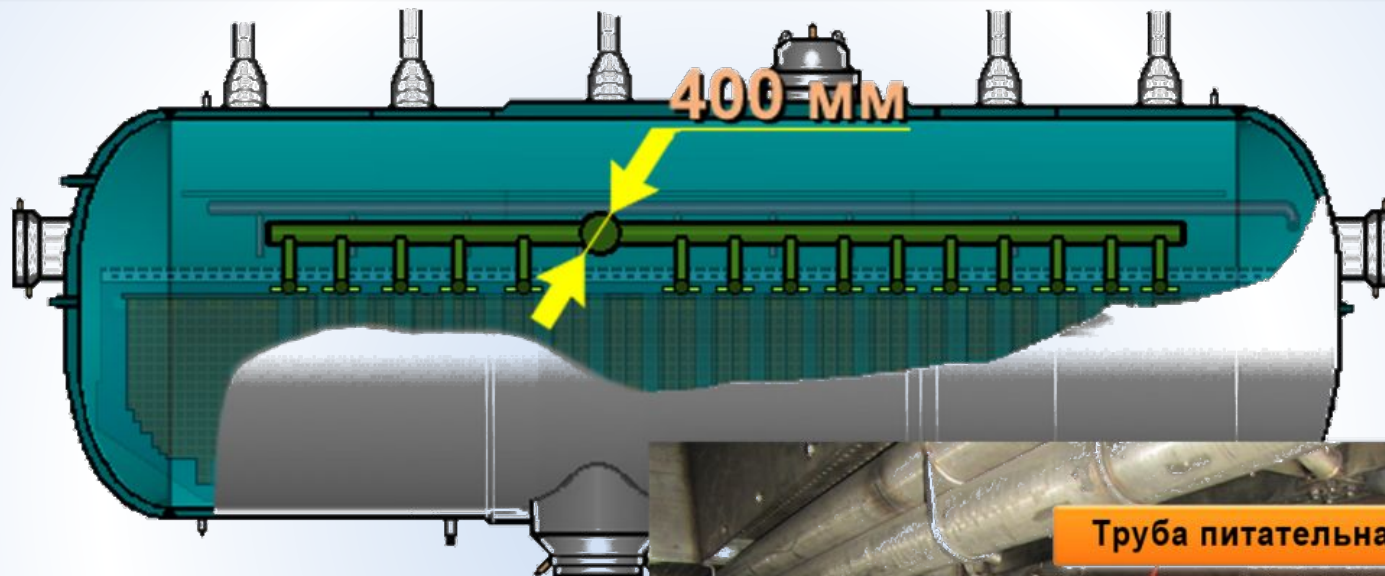


- 1 - патрубки отвода пара;
- 2 - потолочный дырчатый лист;
- 3 - корпус;
- 4 - погруженный дырчатый лист;
- 5 - перекрытый зазор на «горячей» стороне;
- 6 - переливные окна;
- 7 - закраины ПДЛ;
- 8 - пакеты теплообменного пучка;
- 9 - «горячий» коллектор;
- 10 - «холодный» коллектор

ПОТОЛОЧНЫЙ ДЫРЧАТЫЙ ЛИСТ



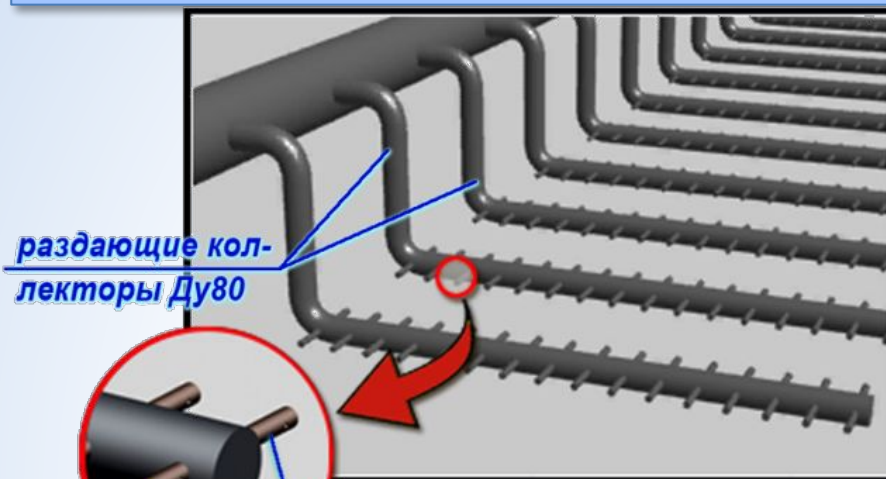
УСТРОЙСТВО ПОДВОДА И РАЗДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ



патрубок для подачи питательной воды

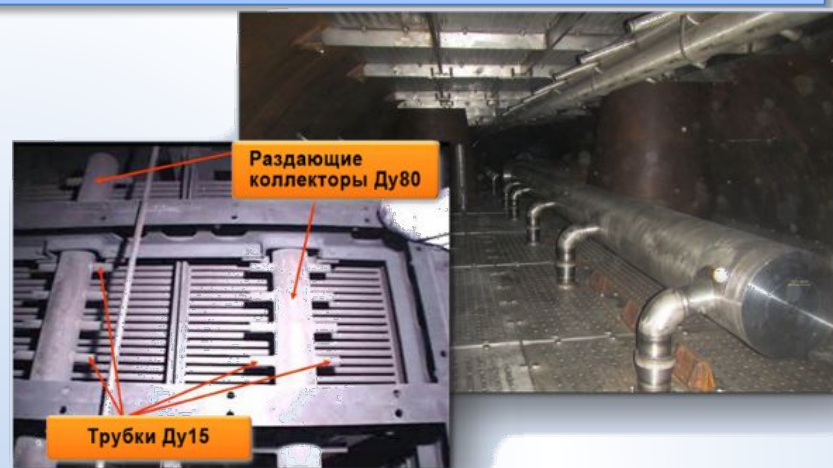


УСТРОЙСТВО ПОДВОДА И РАЗДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

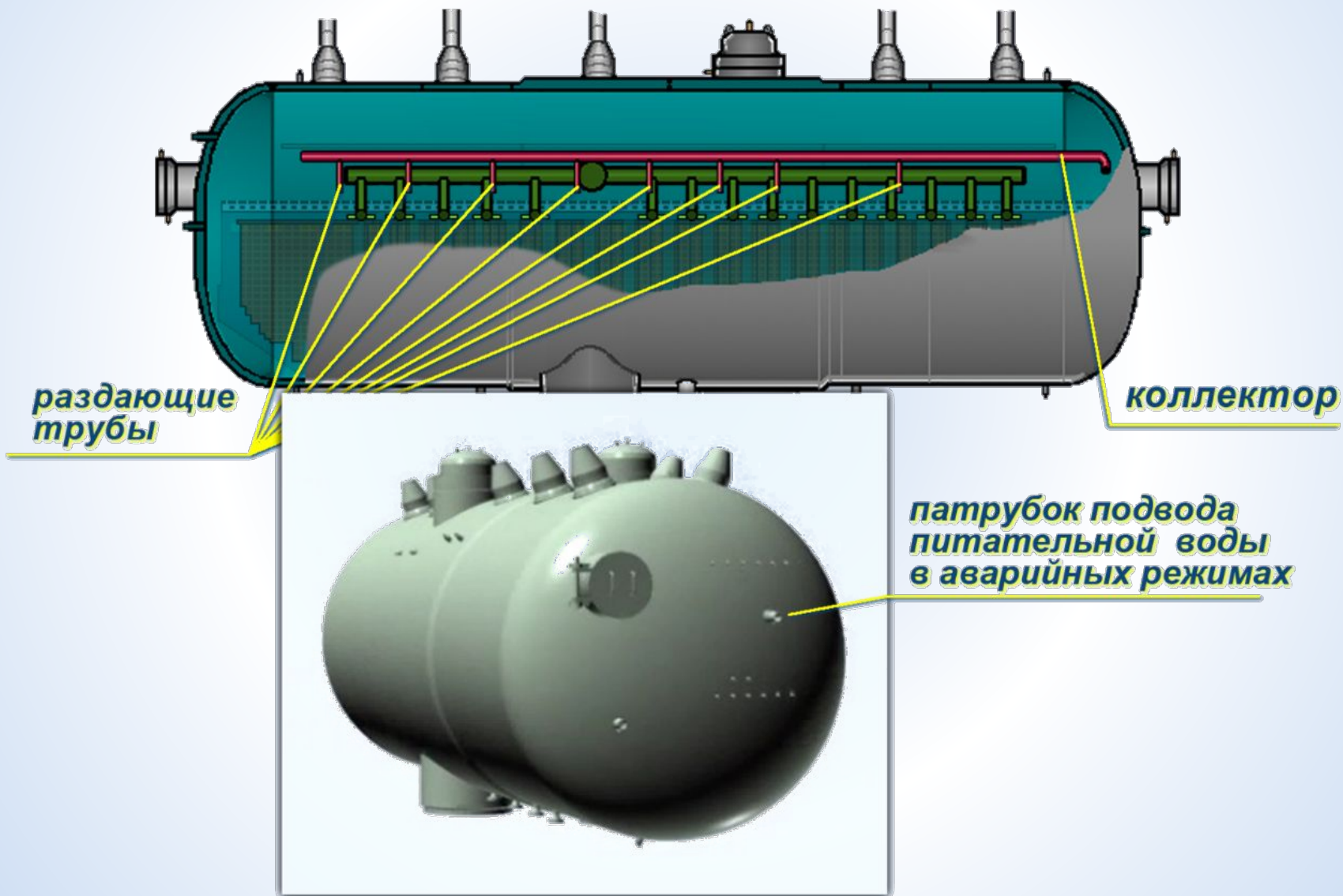


раздающие коллекторы Ду80

раздающие трубы Ду15 (с отверстиями)



УСТРОЙСТВО ПОДВОДА И РАЗДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

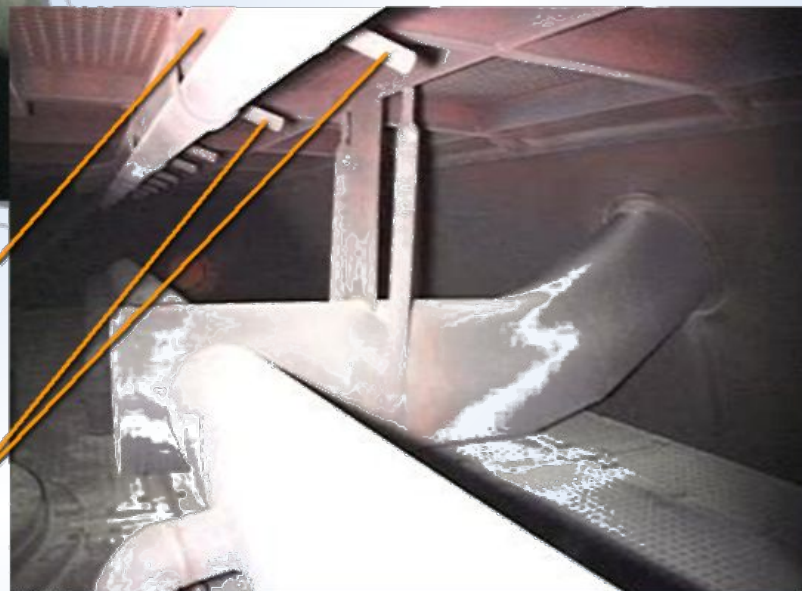


УСТРОЙСТВО ПОДВОДА И РАЗДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ



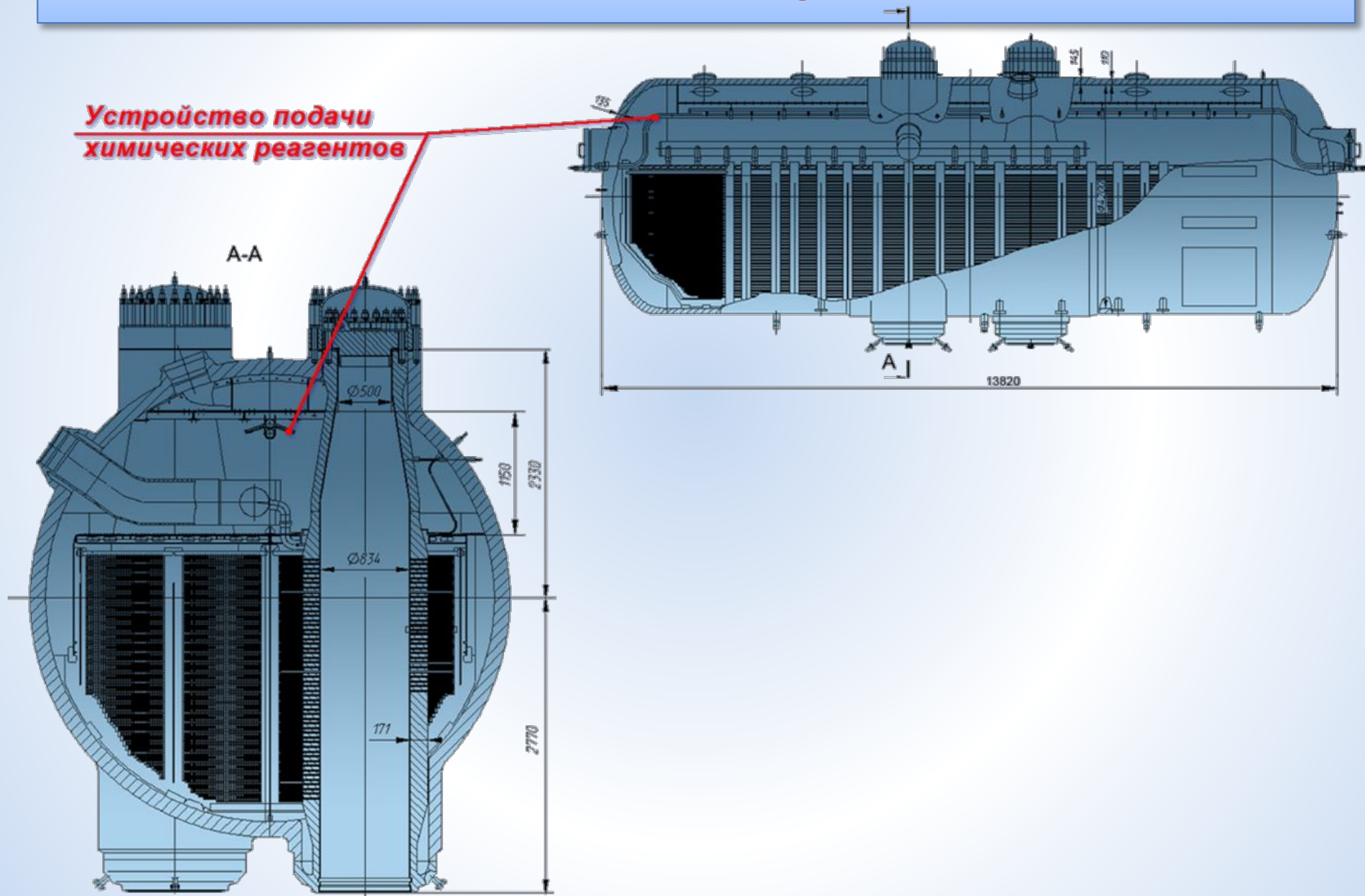
Коллектор

Раздающие трубы



УСТРОЙСТВО РАЗДАЧИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

*Устройство подачи
химических реагентов*

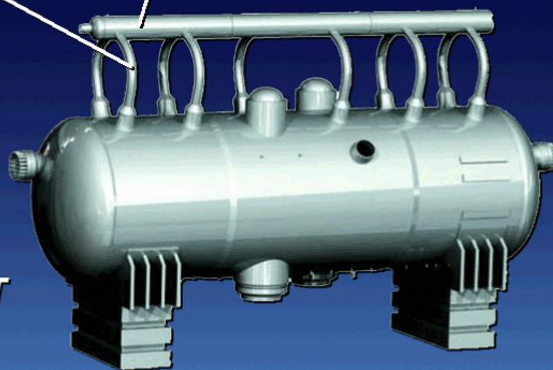


КОЛЛЕКТОР ПАРА



10 гнутых труб-колен Ду200

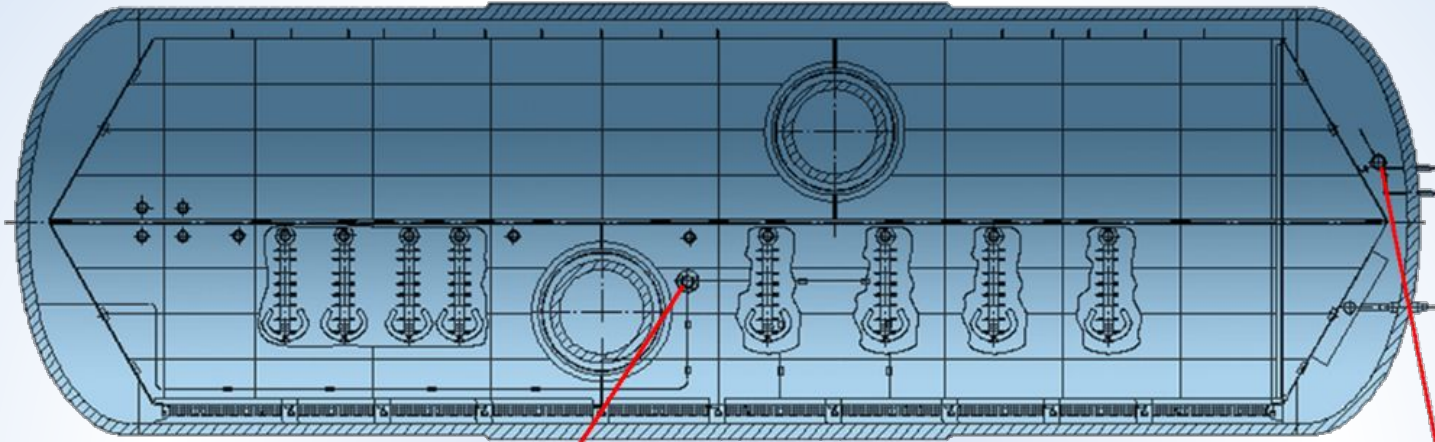
Труба Ду600



Патрубки на коллекторе пара:

- Ду200 - для отвода пара к СПОТ
- Ду10 - воздушник II контура
- Ду10 - отбор пара

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ

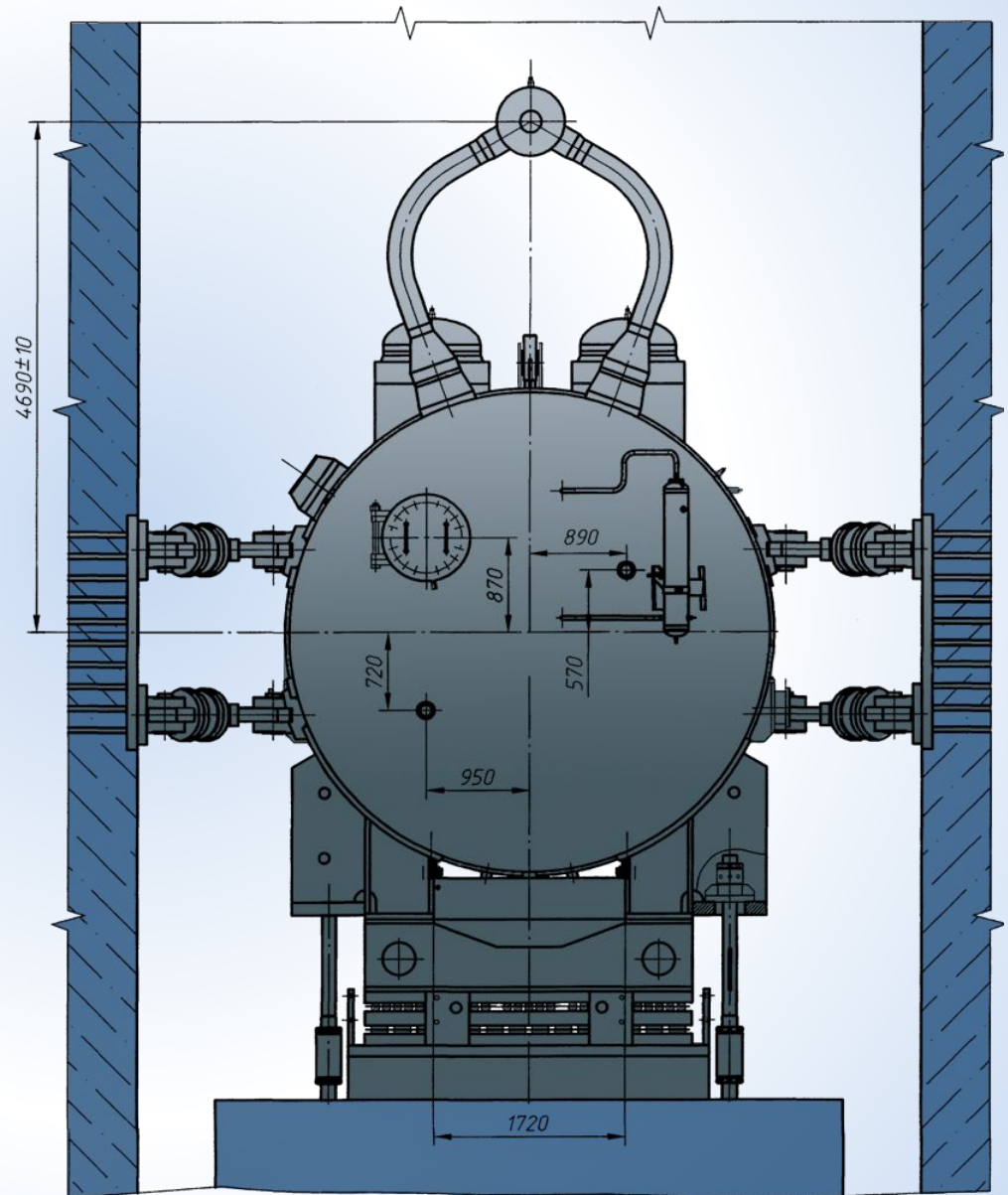
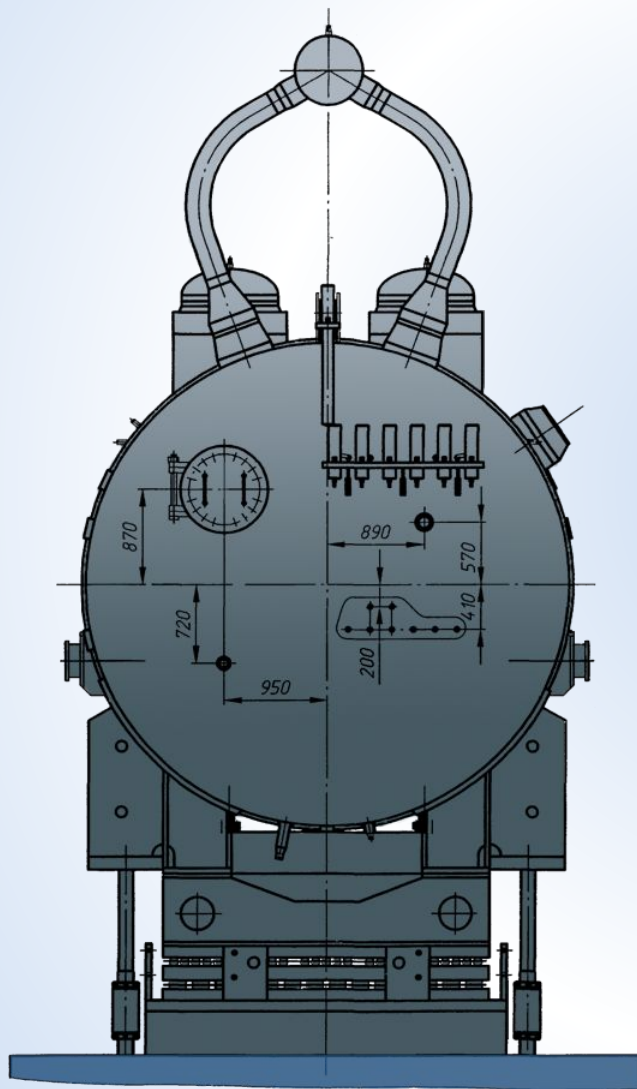


Индикатор уровня

Датчик оперативного
контроля уровнемеров



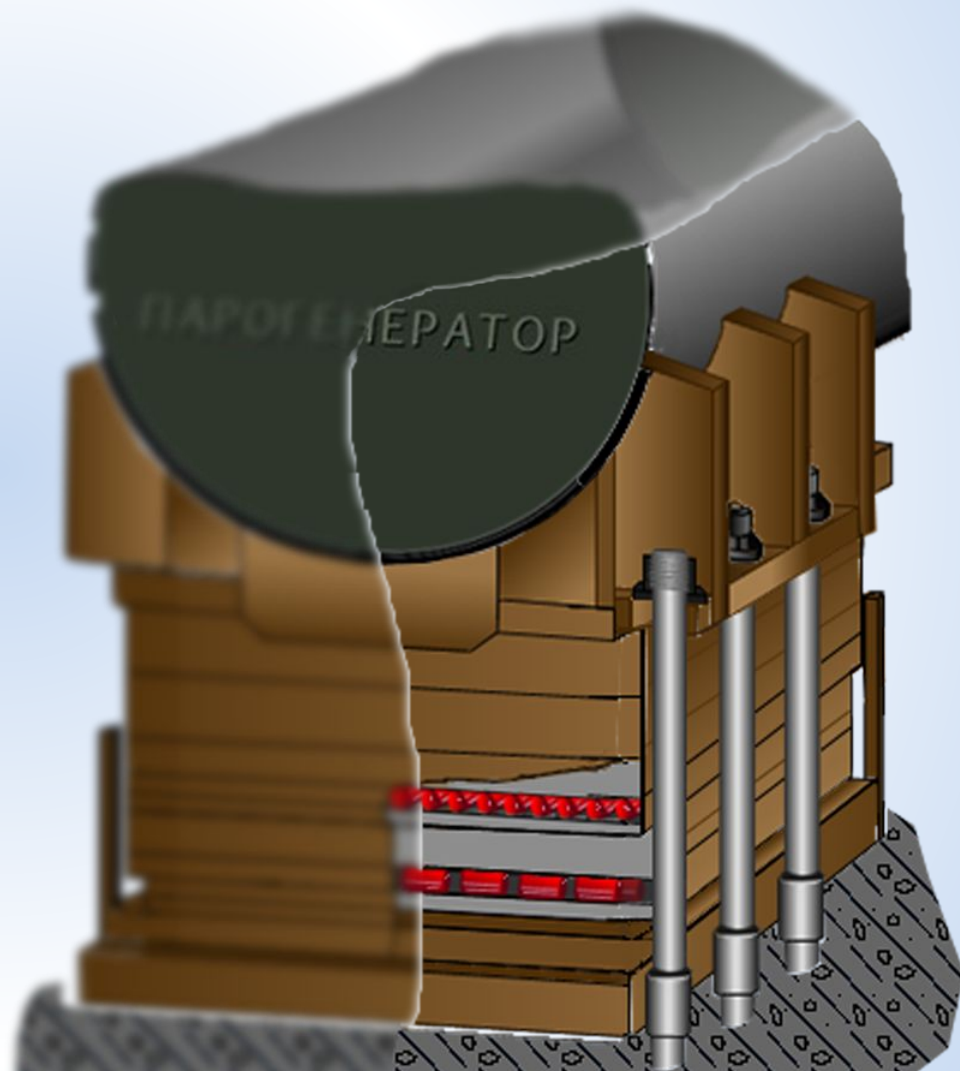
ОПОРЫ И ГИДРОАМОРТИЗАТОРЫ



ОПОРЫ ПАРОГЕНЕРАТОРА

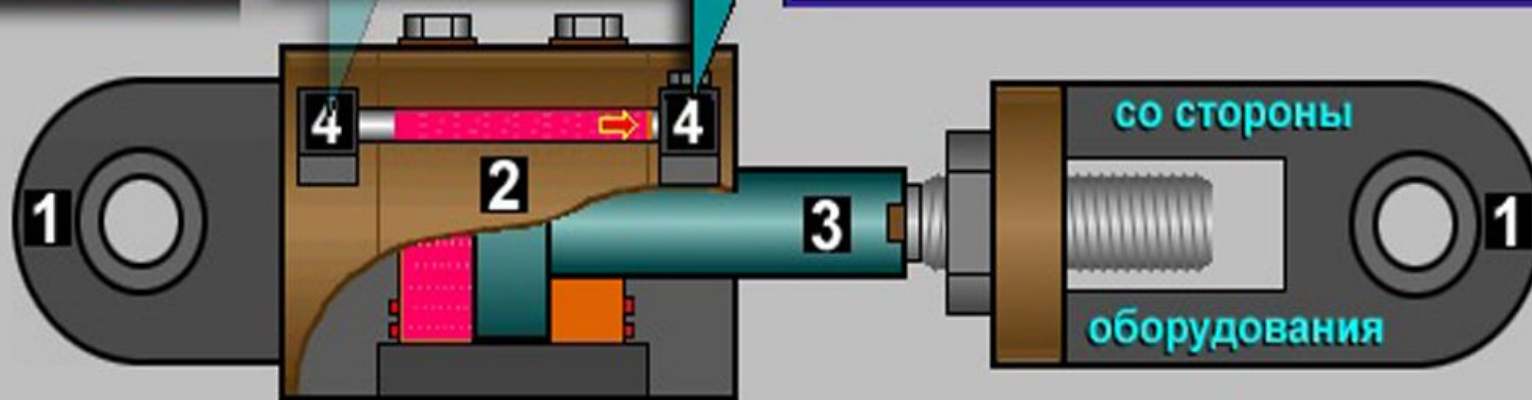
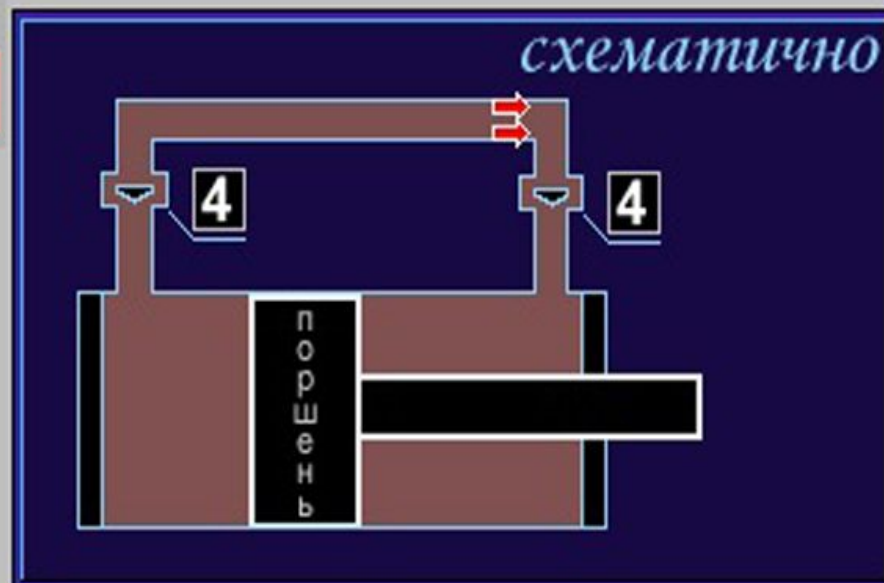
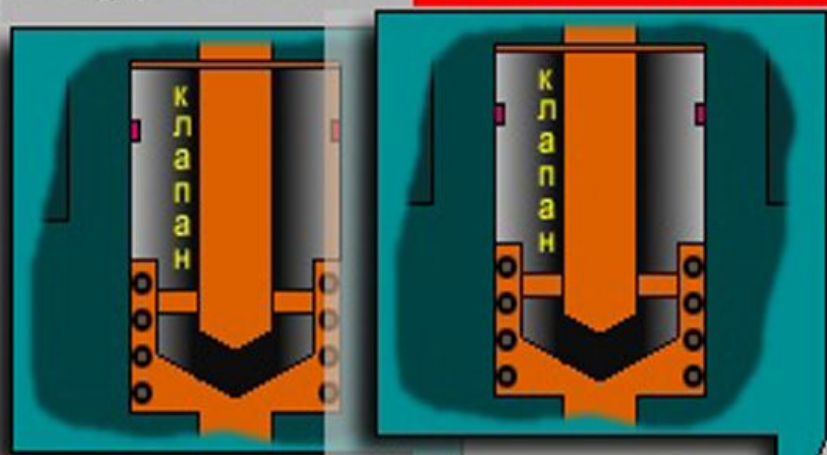


ОПОРЫ ПАРОГЕНЕРАТОРА



ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ГИДРОАМОРТИЗАТОРА

Скорость перемещения
оборудования $\geq 1 \div 3 \times 10^{-3} \text{ м/с}$



1-проушина; 2-корпус; 3-поршень; 4-клапан