

# Система компенсации давления

# Назначение СКД

- Вода обладает относительно большим температурным коэффициентом объемного расширения и малой сжимаемостью.
- Например, при разогреве реактора ВВЭР-1000 с холодного состояния ( $T_{1К} \approx 70^{\circ}\text{C}$ ) до горячего состояния ( $T_{1К} = 280^{\circ}\text{C}$ ) плотность воды уменьшается на 30%.
- Это обстоятельство, учитывая малую сжимаемость воды, делает необходимым установку в первом контуре специального устройства, позволяющего компенсировать столь значительные изменения объема, а, следовательно, и давления. Такое устройство называется системой компенсации давления.
- Эта система является составной частью реакторной установки и предназначена:
  - для создания первоначального давления в первом контуре при пуске ГЦН,
  - для поддержания давления в контуре в допустимых пределах в стационарном режиме и
  - для ограничения давления в переходных и аварийных режимах.

# Состав СКД

- По критериям безопасности система компенсации давления относится к системам нормальной эксплуатации.
- Система компенсации давления содержит:
  - компенсатор давления (КД);
  - бак – барботер (ББ);
  - импульсные предохранительные устройства;
  - трубопроводы, арматуру и обвязку компенсатора давления и барботера.

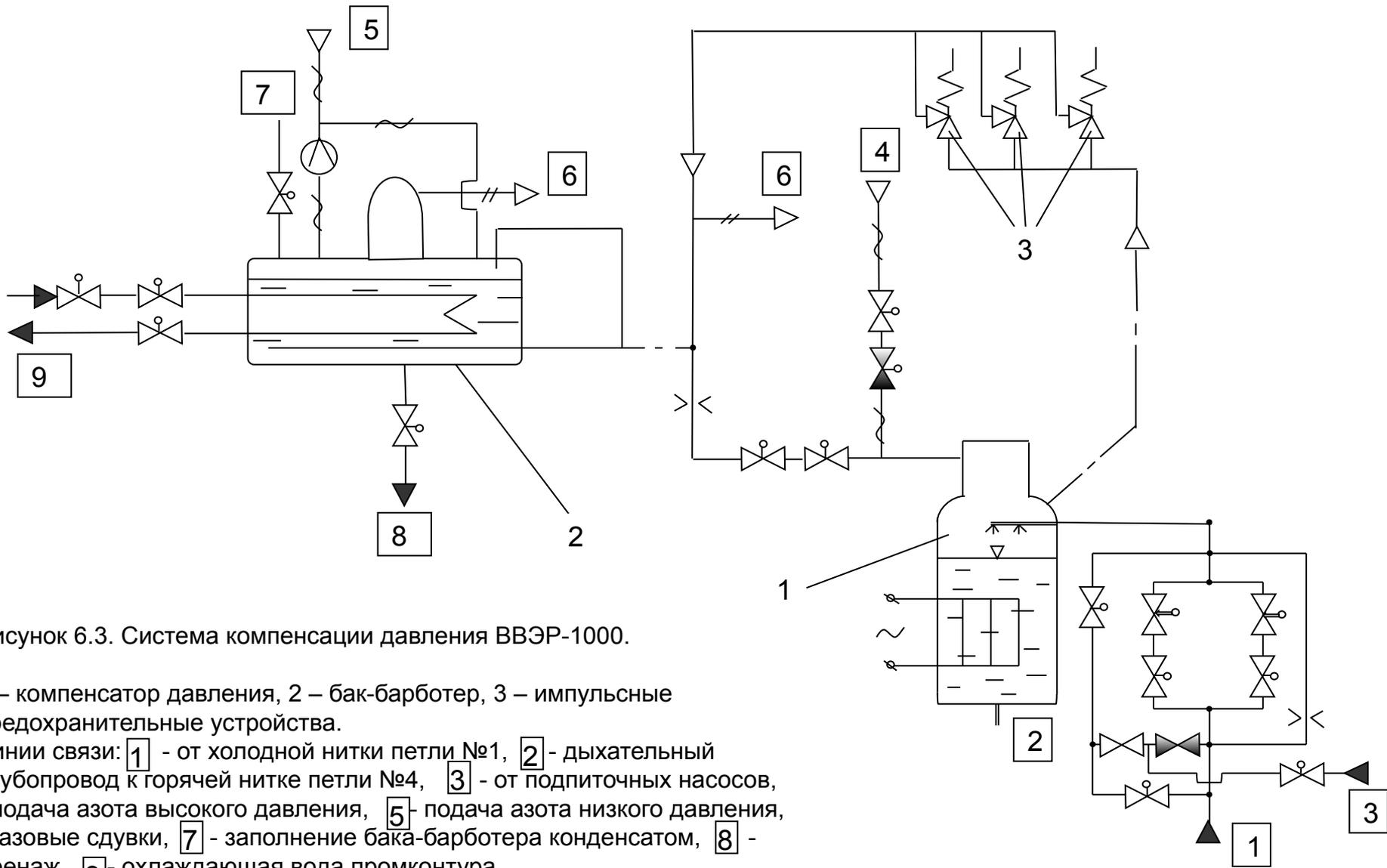
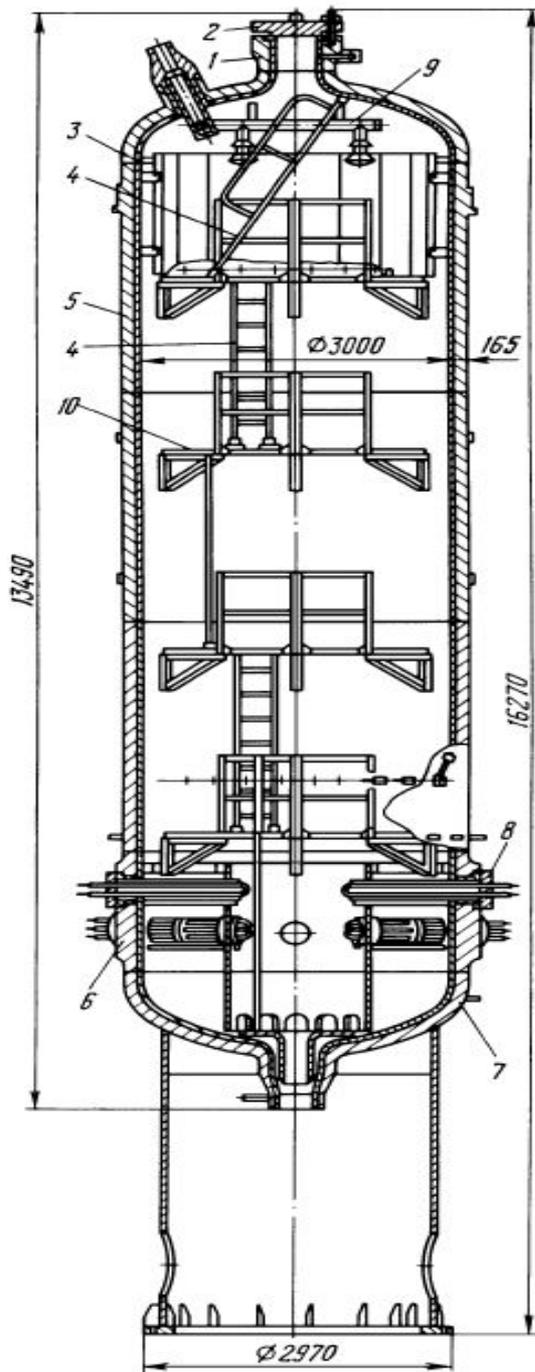


Рисунок 6.3. Система компенсации давления ВВЭР-1000.

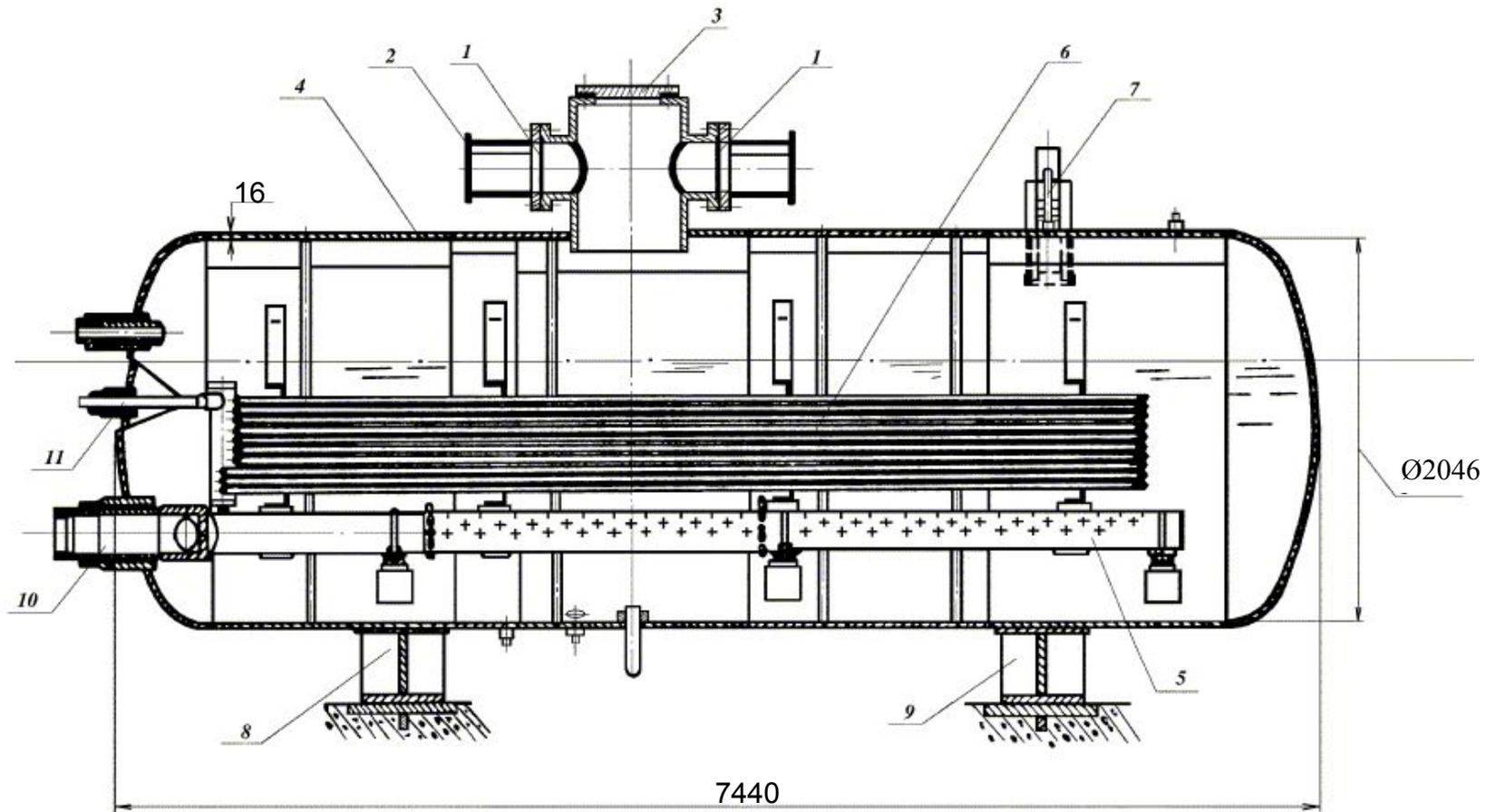
1 – компенсатор давления, 2 – бак-барботер, 3 – импульсные предохранительные устройства.

Линии связи: **1** - от холодной нитки петли №1, **2** - дыхательный трубопровод к горячей нитке петли №4, **3** - от подпиточных насосов, **4** - подача азота высокого давления, **5** - подача азота низкого давления, **6** - газовые сдувки, **7** - заполнение бака-барботера конденсатом, **8** - дренаж, **9** - охлаждающая вода промконтура.



## Конструкция компенсатора давления.

- 1 - горловина,
- 2 - крышка,
- 3, 7 - днище,
- 4 - лестница,
- 5 - обечайка корпуса,
- 6 - обечайка блоков ТЭН,
- 8 - блок ТЭН,
- 9 - коллектор, 10 - площадка.



### Устройство бака-барботера

1 – разрывная мембрана, 2 – колпак, 3 – люк-лаз, 4 – корпус, 5 – паровой коллектор, 6 – теплообменная поверхность, 7 – уравнильный сосуд, 8 – неподвижная опора, 9 – подвижная опора, 10 – патрубок сброса от ИПК, 11 – подвод воды промконтура на охлаждение.

# Система компенсации давления

- Давление в КД и, следовательно, в первом контуре создается и регулируется паровой подушкой, заполняющей верхнюю часть сосуда. Вода в КД нагревается ТЭНами.
- В верхнюю часть КД трубой Ду 180 из «холодной» нитки первой петли может подаваться вода на впрыск для более интенсивной конденсации пара в паровом объеме КД.
- На трубопроводе впрыска  $\text{Ø}219 \times 20$  имеется разветвленный участок из двух параллельных линий  $\text{Ø}159 \times 17$ , «грубый или толстый» впрыск. На каждой линии установлены по две запорные задвижки Ду125.
- Параллельно разветвленному участку с запорной арматурой есть байпасная линия  $\text{Ø}18 \times 2,5$  с дроссельной шайбой для постоянного протока теплоносителя с целью поддержания трубопровода в разогретом состоянии и поддержания одинакового качества воды (концентрации борной кислоты) в КД и первом контуре.
- В обвод разветвленного участка к трубопроводу  $\text{Ø}219 \times 20$  присоединена линия расхолаживания  $\text{Ø}133 \times 14$  – «тонкий» впрыск. К этому трубопроводу подсоединяется также трубопровод подпитки, по которому осуществляется впрыск теплоносителя в КД в режиме расхолаживания, когда линия впрыска от холодной нитки ГЦТ является неэффективной.

## Система КД

- Система впрыска исключает повышение давления выше расчетного в аварийных режимах, а также используется для охлаждения КД в режимах расхолаживания установки.
- Для сброса паро-газовой смеси из компенсатора давления в режиме разогрева (расхолаживания) и при продувке его парового объема предусмотрен трубопровод, соединяющий паровое пространство КД с трубопроводом сброса пара за импульсно-предохранительными устройствами.
- На трубопроводе установлены два вентиля Ду50 и дроссельное устройство для ограничения расхода на барботер при сбросе паро-газовой смеси.

# Характеристики КД

Параметр	Размерность	Величина
Давление номинальное	МПа	15.7±0.3
Температура номинальная	°С	346±2
Объем полный	м <sup>3</sup>	79
Объем воды при номинальном режиме	м <sup>3</sup>	55
Уровень воды при номинальном режиме	м	8.77
Мощность одного ТЭН	кВт	90
Суммарная мощность всех ТЭН	кВт	2520
Расход пара через ИПУ	кг/с	150
Изменение объема воды при изменении уровня на 0.1 м	м <sup>3</sup>	0.7

# Характеристики ББ

Параметр	Размерность	Величина
Объем полный	м <sup>3</sup>	30
Объем воды в барботере	м <sup>3</sup>	20
Давление разрыва мембран	МПа (ата)	0,69-0,86 (7-8,75)
Уровень воды	мм	1700
Расход воды промконтура	м <sup>3</sup> /час	14 - 20
Площадь поверхности теплообменника	м <sup>2</sup>	35

## Работа системы КД

- Первоначальное давление в первом контуре ( $\approx 0,2$  МПа или 20 ата), необходимое для запуска ГЦН, создается за счет подачи азота высокого давления по линии [4] в газовый объем компенсатора давления.
- В дальнейшем разогрев первого контура осуществляется за счет работы ГЦН после их включения, а КД разогревается за счет работы электронагревателей.
- При нагреве воды в КД до температуры насыщения происходит ее испарение, и азотная подушка заменяется на паровую.
- Паро-газовая смесь сбрасывается в барботер, где пар конденсируется, а газ отводится по линии газовых сдувок.
- При изменении давления в первом контуре его выравнивание происходит за счет фазовых переходов пара в жидкость и наоборот.
- Кроме этого, при необходимости включаются электронагреватели КД или осуществляется подача относительно холодной воды на впрыск в КД.

# Работа системы КД

- При аварийном увеличении давления в первом контуре происходит открытие ИПУ:
  - контрольного при  $P_{1к} \geq 18.2$  МПа (186 ата);
  - двух рабочих при  $P_{1к} \geq 18.6$  МПа (190 ата).
- Посадка ИПУ происходит соответственно:
  - контрольного при  $P_{1к} \leq 17.6$  МПа;
  - двух рабочих при  $P_{1к} \leq 17.8$  МПа.
- При срабатывании ИПУ сброс пара (теплоносителя) осуществляется в барботер по трубопроводу  $D_u 250$ . В водяном объёме барботера пар конденсируется и теплота конденсации отводится охлаждающей водой промконтура. Для защиты барботера от превышения давления на его горловинах устанавливаются защитные мембраны.
- Автоматическое регулирование системы компенсации давления охватывает:
  - давление 1 контура (над активной зоной)
  - уровень теплоносителя в КД
  - скорость разогрева-расхолаживания КД.
- Поддержание давление 1 контура в нормальном режиме и горячем останове обеспечивается регулятором давления (всережимный регулятор давления 1 контура), точность поддержания  $\pm 0,15$  МПа.