Классификация АЭС

Классификация АЭС

1. По целевому назначению:

а) *Конденсационные АЭС*

б) *АТЭЦ*

в) *АСТ*

2. По типу размещения АЭС:

а) *стационарные*: мощность более 100 МВт (эл.), сооружаемые на земле или под землей.

б) *транспортабельные АЭС*: мощность менее 5 МВт (эл.), транспортируются на земле или в воде.

Классификация АЭС

3. По энергии спектра нейтронов на которых осуществляется основное число делений в активной зоне (А.З.) реактора:

а) *АЭС с реакторами на тепловых нейтронах* (ВВЭР, ВБЭР, ВПБЭР, РБМК, АСТ, ВК, ЭГП – 6, ВТГР).

Тепловые нейтроны - это нейтроны, замедленные до скорости соответствующей средней тепловой энергии атомов или молекул через которые они проходят.

Средняя энергия нейтронов (0n1) при обычной температуре составляет 0.025 ЭВ что соответствует средней скорости 2.2 103 м/с

б) *АЭС с реакторами на быстрых нейтронах* (БН, БРЕСТ).

Быстрые нейтроны - это нейтроны с энергией более 0.1 МэВ, что соответствует скорости больше, чем 4·10 6 м/с. (БН)

в) *АЭС с реакторами на промежуточных нейтронах*

Классификация АЭС

4. По типу теплоносителя и его параметрам:

При выборе теплоносителя учитываются:

- теплопередающие свойства;
- физические свойства;
- химические свойства;
- нейтронно – физические свойства.

Требования к теплоносителю:

1) Должен эффективно отводить тепло от активной зоны реактора при умеренных затратах на его перекачку

2) Быть совместимым с конструкционным материалом и ядерным топливом

3) Слабо поглощать нейтроны

4) Иметь умеренную стоимость

5) Быть доступным

6) Должен иметь низкую способность замедлять нейтроны (для БН)

Виды теплоносителей

Вид теплоносителя	*Достоинства*	*Недостатки*
Вода	1) доступность и распространенность 2) благоприятное сочетание физических и теплофизических свойств, определяющих интенсивность теплообмена и расхода теплоносителя 3) устойчивость к ионизирующему излучению	1) высокое давление насыщенного пара, которое быстро растет с ростом температуры, чтобы вода не кипела в I контуре нужно поддерживать высокое давление (ВВЭР – 1000 (16 МПа), ВВЭР – 440 (12,5 МПа)) 2) высокое поглощение нейтронов водой, требует использовать в этих реакторах обогащенный уран, обогащение составляет (3,6 – 4,8) % 5
Тяжелая вода	1) благоприятные физико-химические и теплофизические свойства 2) ядерно-физические свойства лучше, чем у воды 3) при использовании в качестве замедлителя позволяет использовать в качестве топлива природный уран	1) ограниченность 2) более высокая стоимость чем у воды
Органика (C_nH_m): толуол, газойль, дифенил	1) хорошие ядерные свойства 2) высокая температура кипения 3) низкая коррозионная активность по сравнению с водой	1) хуже чем у воды физические и теплофизические свойства 2) склонность к разложению при облучении (радиолиз) и при высоких температурах (термолиз)

Виды теплоносителей

Вид теплоносителя	*Достоинства*	*Недостатки*
Газ	1) хорошие ядерно-физические свойства 2) удовлетворительные физико-химические свойства	1) плохие теплофизические свойства, кроме водорода и гелия, 2) теплоемкость, плотность и теплопроводность малы, поэтому для отвода теплоты от реактора необходимо прокачивать большие объемы газа
Жидкие металлы	1) невысокая стоимость 2) хорошее сочетание теплофизических, физических и коррозионных свойств (плотность натрия 0,97 г/см3, позволяет уменьшить затраты на перекачку) 3) температура кипения натрия 878 ^{0}С, что исключает необходимость поддерживать высокое давление в I контуре	1) высокая химическая активность по отношению к воде и воздуху 2) активируется под излучением 3) температура плавления натрия 97,8 ^{0}С, что требует введение специальной системы разоогрева и поддержания натрия в жидком состояние

Классификация АЭС

5. По типу замедлителя:

а) *вода* (все установки, кроме ЭГП – 6, РБМК, ВТГР)

б) *графит* (ЭГП – 6, РБМК, ВТГР)

в) *тяжелая вода*

6. По параметрам пара и типам паровых турбин:

а) *АЭС с турбинами на насыщенном паре* (ВВЭР, РБМК, ВБЭР, ВПБЭР) (P_0 = (6 – 6,5) МПа, t_0 = 280 ^{0}С)

б) *АЭС с турбинами на перегретом паре* (БН, ВГ, БРЕСТ) (P_0 = (13 – 20) МПа, t_0 = (500 – 550) ^{0}С)

Классификация АЭС

7. Компоновка оборудования 1-ого контура:

а) *Петлевая* (ВВЭР, РБМК, ЭГП-6, БН-350)

б) *Интегральная* (БН, АСТ, ВПБЭР).

в) *Полуинтегральная* (БРЕСТ)

г) *Блочная* (ВБЭР)

8. Принцип циркуляции теплоносителя по 1-ому контуру:

а) *Принудительная циркуляция*(все, кроме АСТ и ВК)

б) *Естественная циркуляция*(АСТ, ВК)

Классификация АЭС

9. Конструктивное исполнение реактора

а) *Корпусные* (все, кроме РБМК и ЭГП – 6)

б) *Канальные* (РБМК, ЭГП – 6)

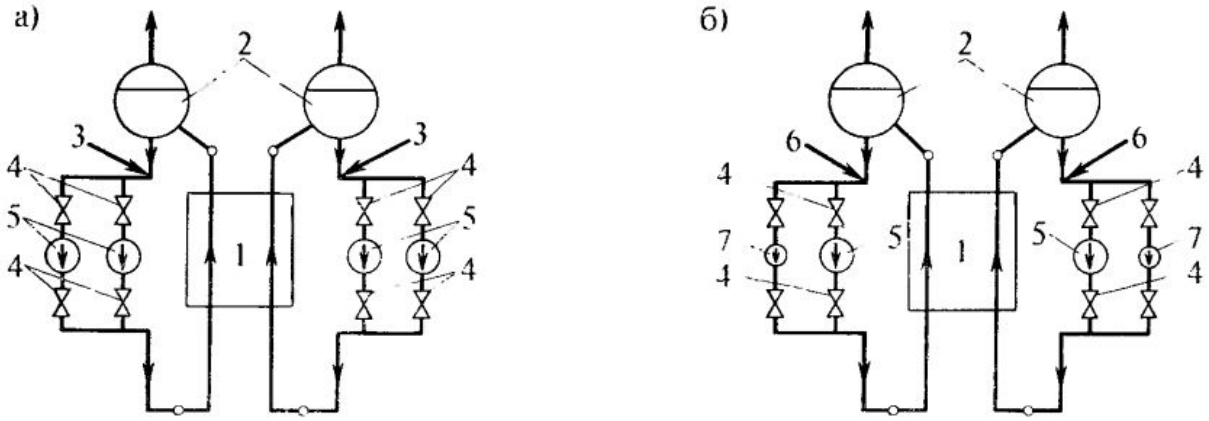


Рис. X.11. Схема главного циркуляционного контура атомной станции с реакторами канального типа:

1 — реактор;
2 — барабаны-сепараторы;
3 — питательная вода;
4 — главные запорные задвижки;
5 — главные циркуляционные насосы;
6 — конденсат испарителей;
7 — насос аварийного расхолаживания

Классификация АЭС

10. Структура активной зоны

а) *АЭС с гомогенными ядерными реакторами* (активная зона представляет собой гомогенную систему топлива и замедлителя)

б) *АЭС с гетерогенными ядерными реакторами*

11. По числу основных замкнутых контуров:

а) *одноконтурные АЭС*

б) *двухконтурные АЭС*

в) *трехконтурные АЭС*

Классификация АЭС

12. По количеству контуров

а) *одноконтурные*

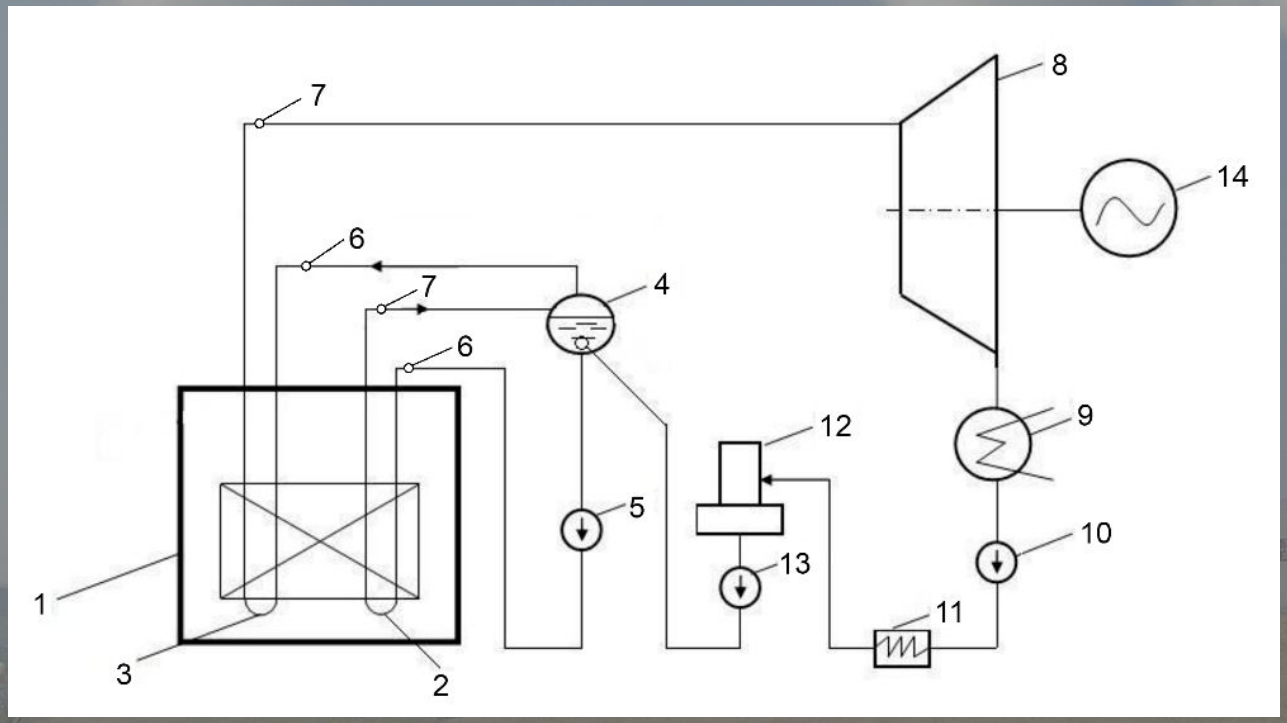
б) *двухконтурные*

в) *трехконтурные*

Одноконтурные

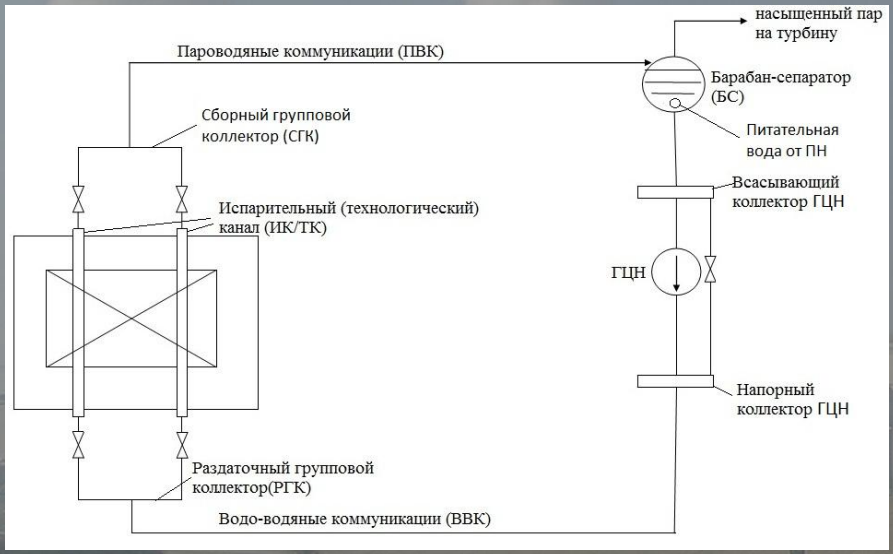
1. АМБ-200
2. РБМК-1000
3. РБМК П-2400
4. ЭГП-6
5. ВК

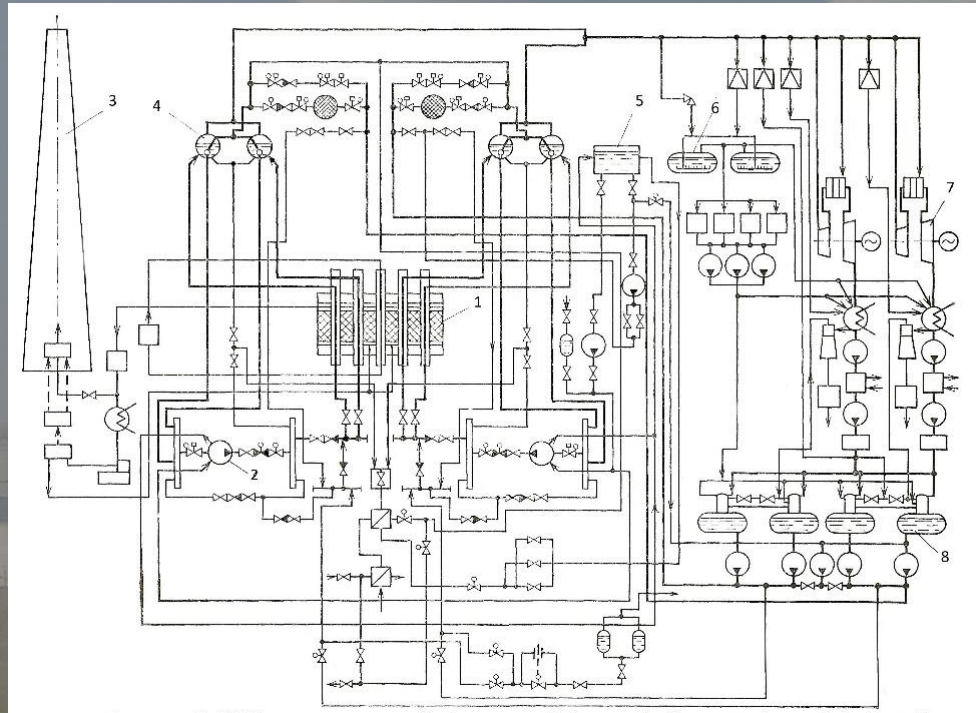
АМБ-200
Атом мирный большой



1 – графитовый реактор; 2 – испарительный канал (ИК); 3 – пароперегревательный канал (ППК);
4 – сепаратор; 5 – ГЦН (главный циркуляционный насос); 6 – раздаточный групповой коллектор (РГК);
7 – сборный групповой коллектор (СГК); 8 – турбина; 9 – конденсатор; 10 – конденсатный насос (КН); 11 – ПНД (подогреватель низкого давления); 12 – деаэратор; 13 – питательный насос (ПН);
14 – электрогенератор (ЭГ)

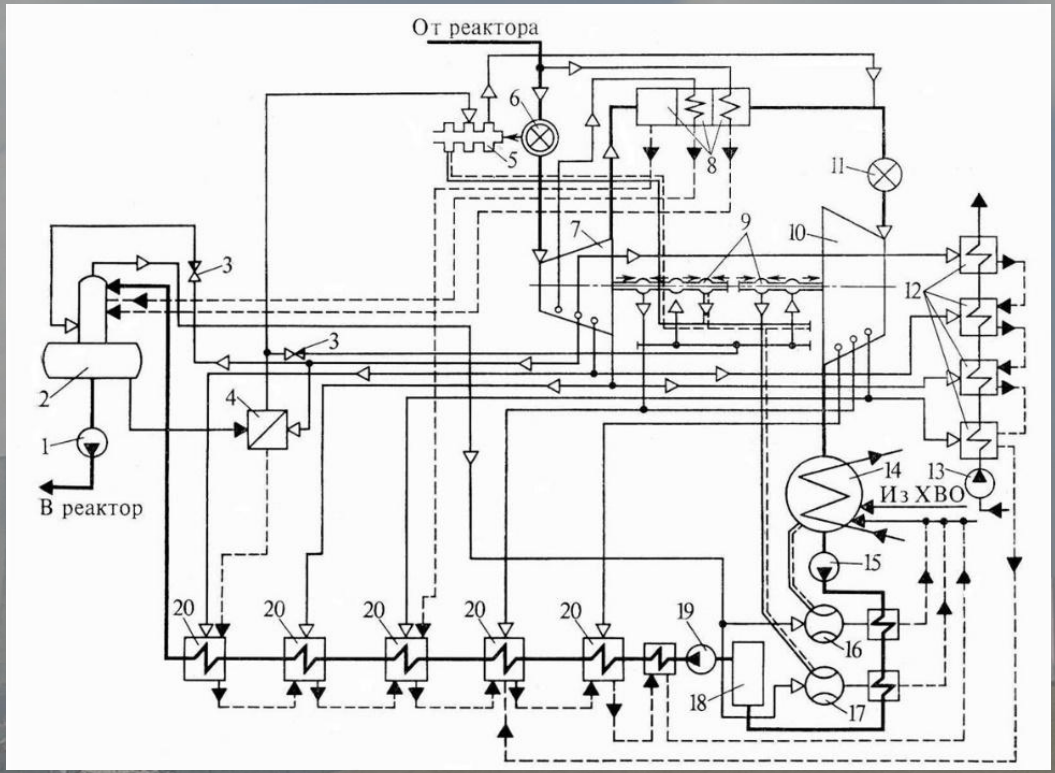
РБМК-1000
Реактор большой мощности канальный





1 - реактор; 2 - ГЦН; 3 - вентиляционная труба; 4 - сепаратор; 5 - бак аварийной питательной воды; 6 - барботер; 7 - турбогенератор; 8 - деаэратор.

Принципиальная тепловая схема паротурбинной части одноконтурной АЭС с РБМК-1000



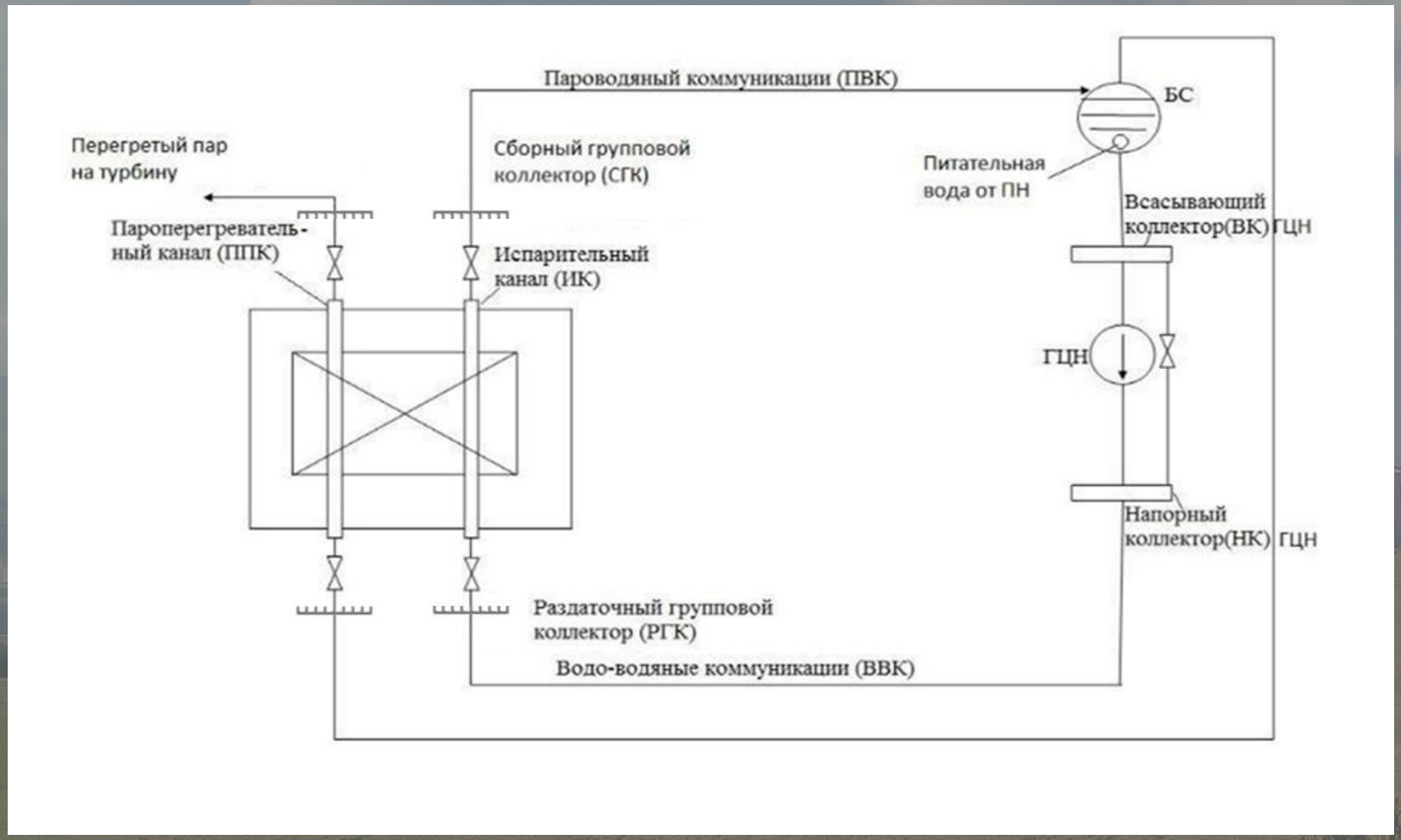
Принципиальная тепловая схема паротурбинной части одноконтурной АЭС с РБМК-1000:

1 - питательный насос; 2 – деаэратор; 3 - регулятор давления; 4 - испаритель; 5 - уплотнения штоков клапанов турбины; 6 - блок стопорно-регулирующих клапанов; 7 - ЦСД турбины; 8 - сепаратор-промперегреватель;

9 - уплотнения вала турбины; 10 - ЦНД турбины; 11 - отсекающая заслонка; 12 - подогреватели промконтура теплосети; 13 - насос промконтура теплосети; 14 - конденсатор турбины; 15 - конденсатный насос первого подъема; 16 - основной эжектор; 17 - эжектор уплотнений; 18 – конденсатоочистка; 19 - конденсатный насос второго подъема; 20 -ПНД.

РБМК П-2400

Реактор большой мощности канальный



РБМК П-2400

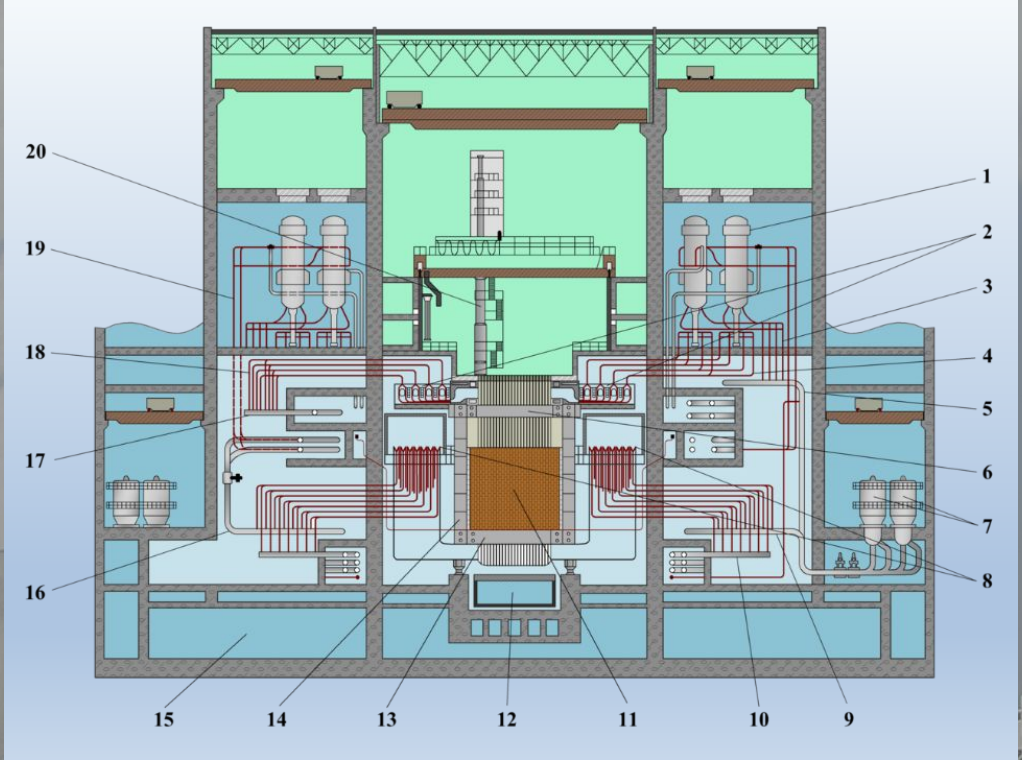
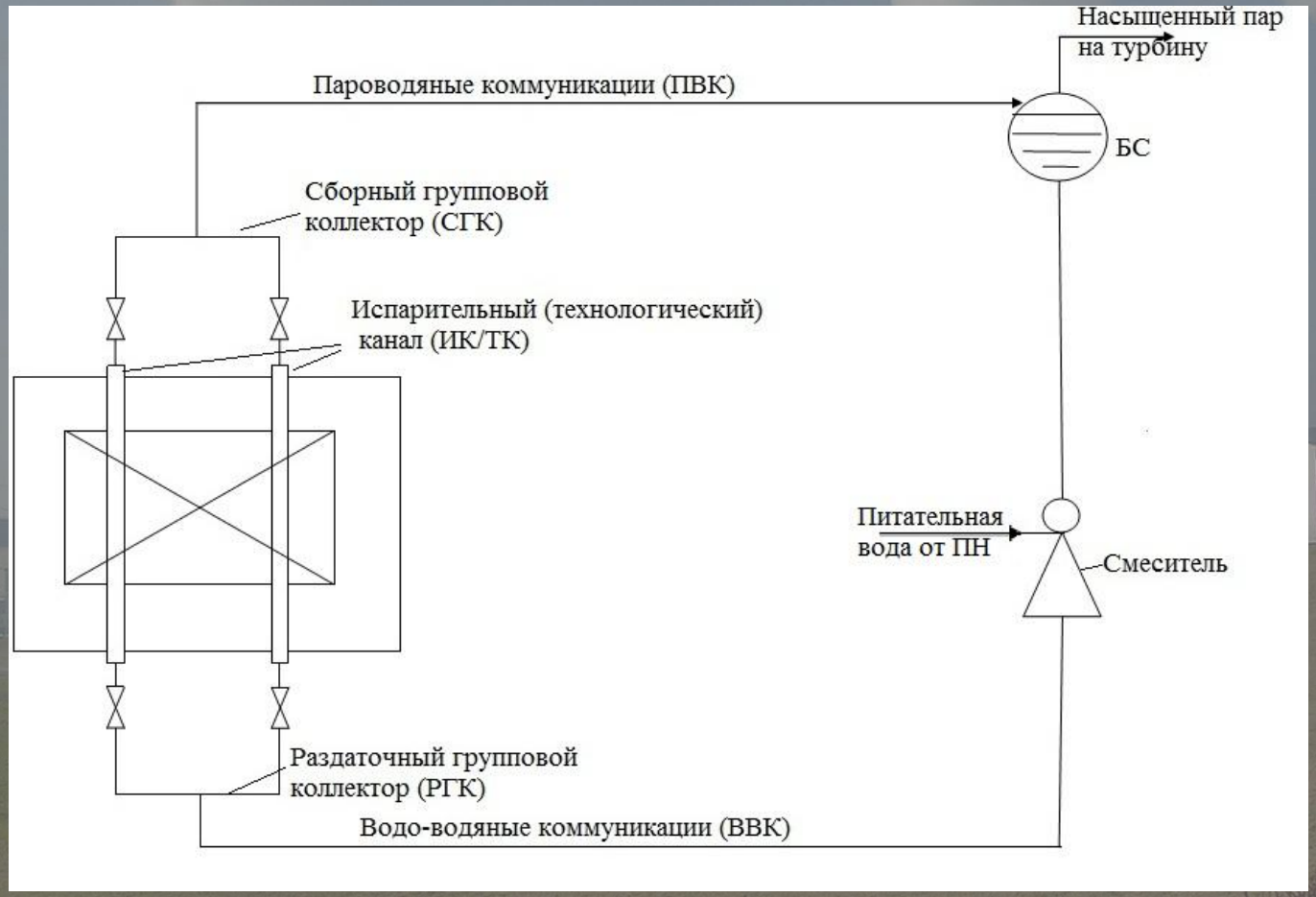


Схема энергоблока с реактором РБМК П-2400 (разрез):

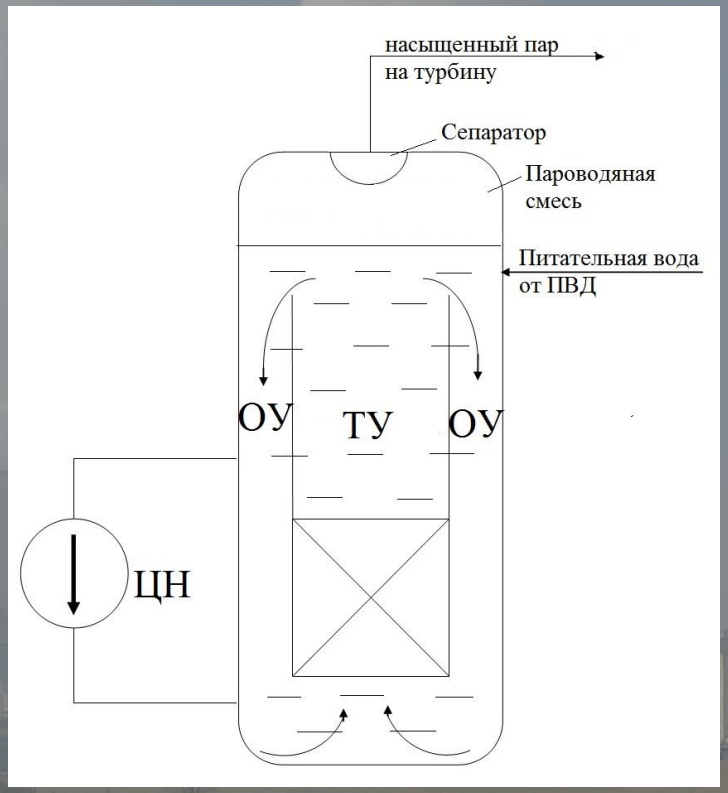
1 — вертикальный сепаратор пара, 2 — сборные групповые коллекторы, 3 — верхние трубопроводы воды, 4 — трубопроводы пароводяной смеси, 5 — всасывающий коллектор, 6 — верхний блок, 7 — главные циркулирующие насосы, 8 — раздаточные групповые коллекторы, 9 — напорный коллектор, 10 — коллектор питательной воды, 11 — активная зона реактора, 12 — нижняя ремонтная машина, 13 — нижний блок, 14 — боковой блок, 15 — бассейн-барботёр, 16 — коллектор насыщенного пара, 17 — коллектор перегретого пара, 18 — трубопроводы перегретого пара, 19 — трубопроводы насыщенного пара, 20 — разгрузочно-загрузочная машина

ЭГП-6

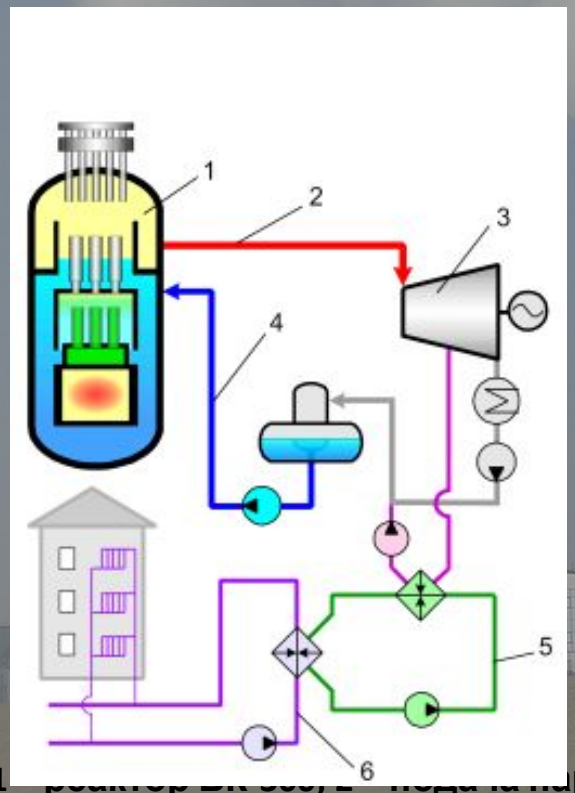
Энергетический гетерогенный петлевой реактор с 6-ю петлями циркуляции теплоносителя



ВК
Реактор водяной кипящий



ТУ – тяговый участок; ОУ – отпускной участок; ЦН – циркуляционный насос

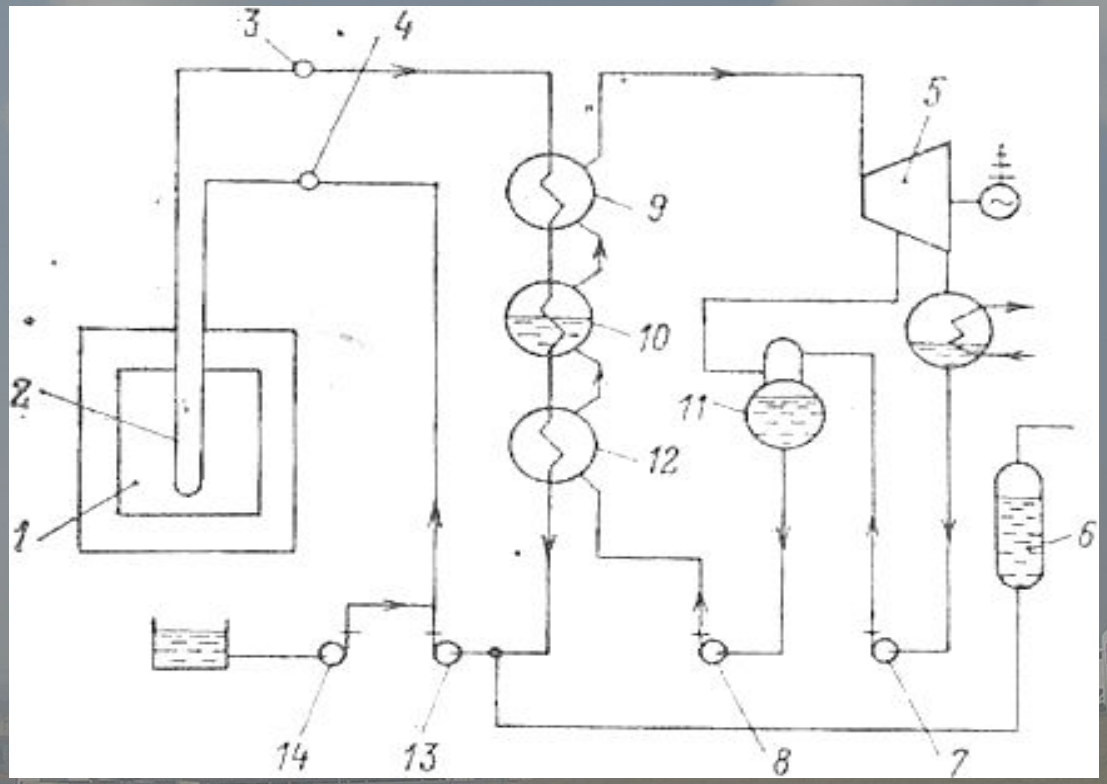


1 – реактор ВК-300; 2 – подача пара на турбину; 3 – турбоустановка; 4 – подача питательной воды в реактор; 5 – теплофикационная установка; 6 – потребитель тепла.

Двухконтурные

1. Обнинская АЭС
2. ВВЭР
3. АМБ-100
4. ВК
5. ВПБЭР
6. ВБЭР
7. БРЕСТ
8. ВТГР

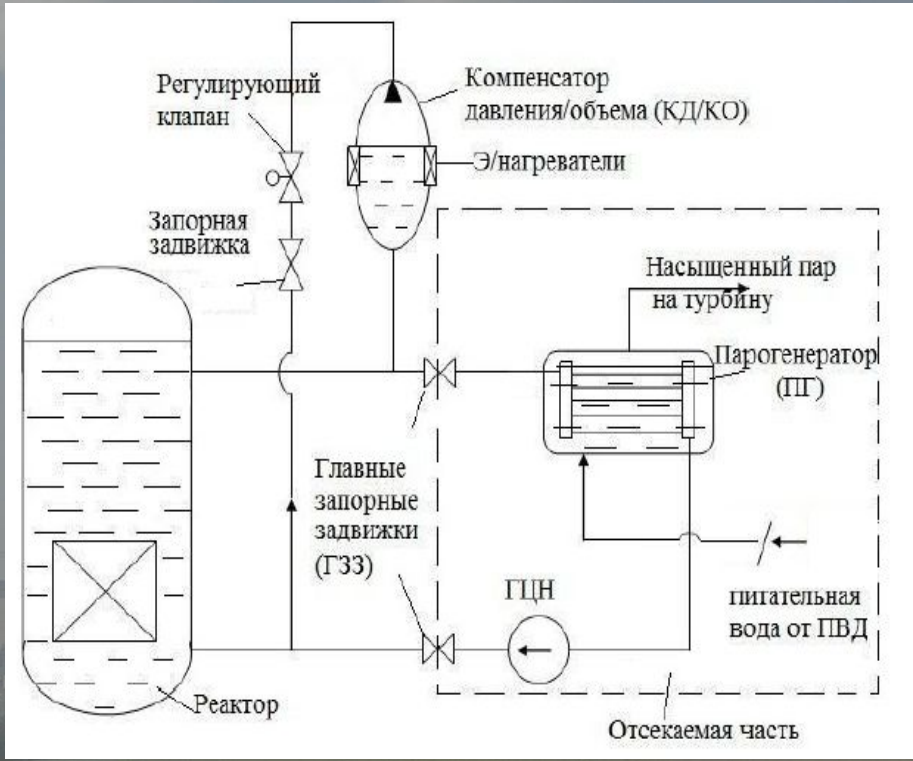
Обнинская АЭС



1 — реактор; 2 — топливный канал;
3 — сборный коллектор; 4 — раздаточный коллектор; 5 — турбоагрегат; 6 — компенсатор объема; 7 — конденсатный насос;
8 — питательный насос; 9 — пароперегреватель; 10 — испаритель;
11 — деаэратор; 12 — подогреватель; 13 — главный циркуляционный насос;
14 — подпиточный насос

ВВЭР

Водо-водяной энергетический реактор



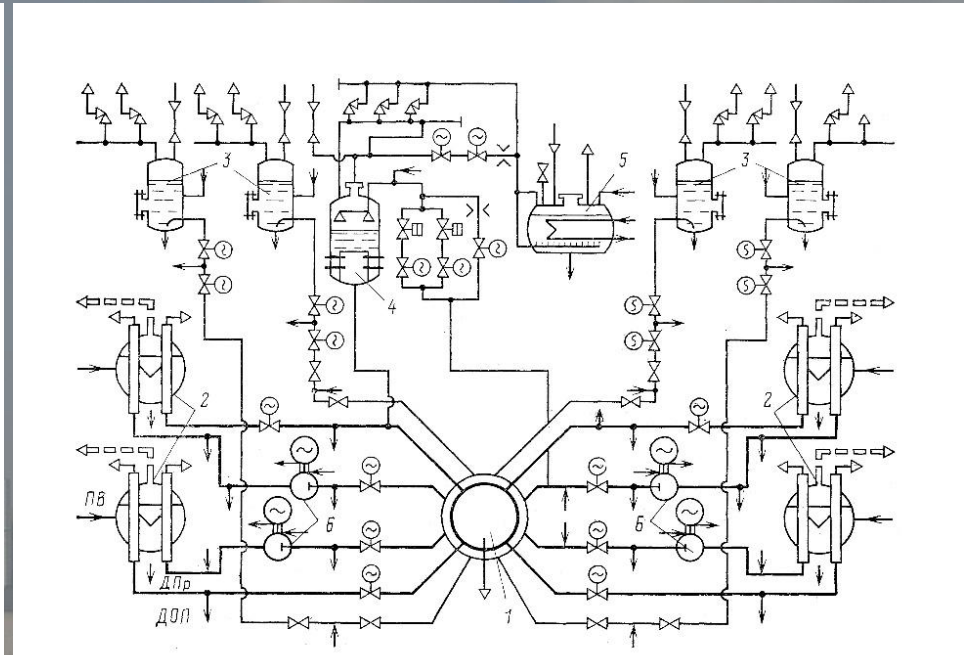
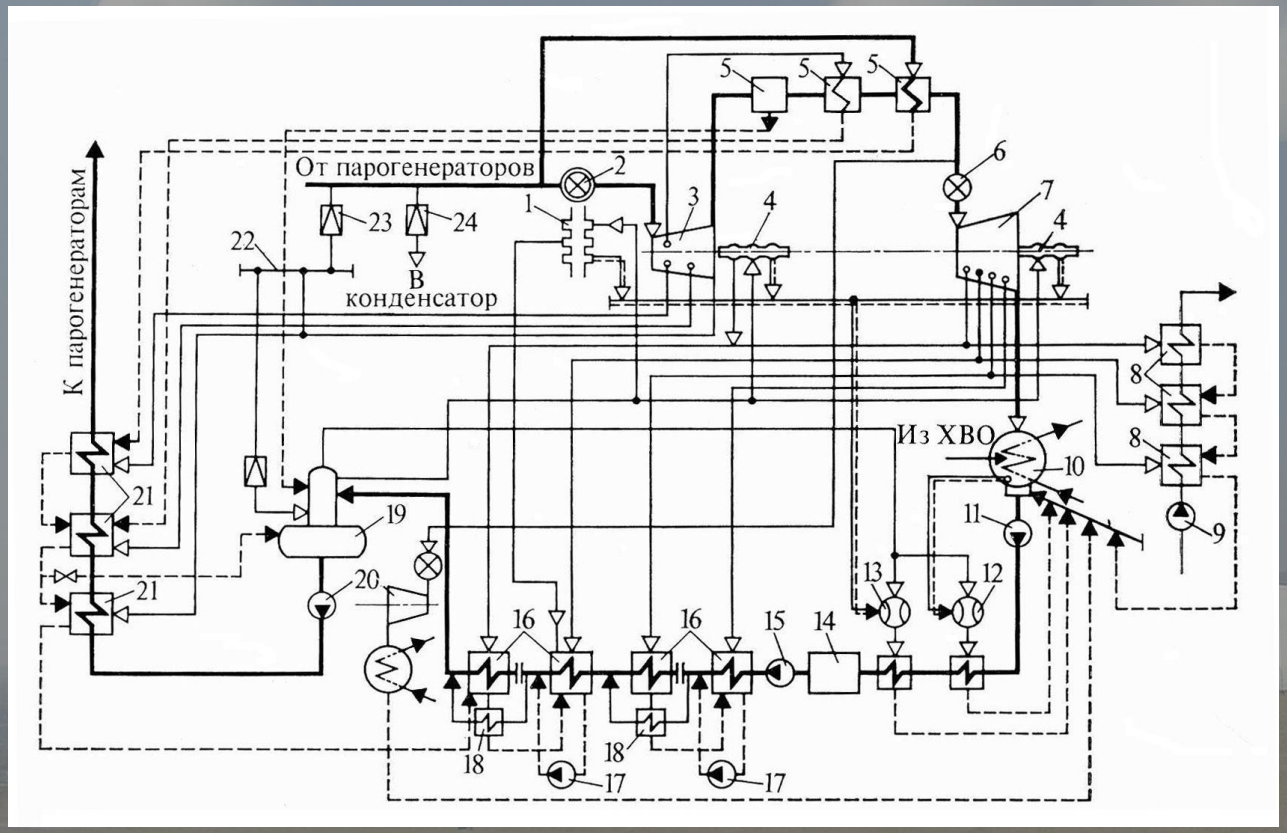


Рис. 1.1. Принципиальная схема первого контура установки ВВЭР-1000:
1 — реактор; *2* — парогенератор; *3* — емкость САОЗ; *4* — компенсатор давления; *5* — барботер; *6* — ГЦН

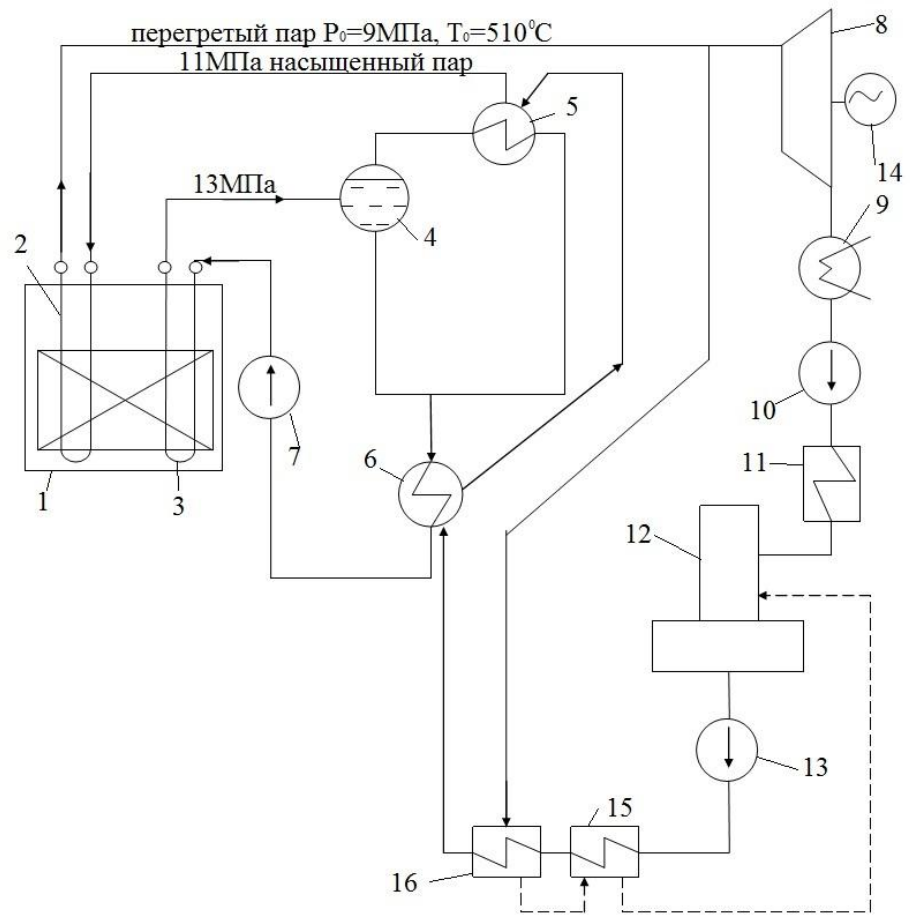
Принципиальная тепловая схема паротурбинной части двухконтурной АЭС с ВВЭР-1000



1 - уплотнения штоков клапанов турбины; 2 - блок стопорно-регулирующих клапанов; 3 - ЦСД турбины; 4 - уплотнения вала турбины; 5 - сепаратор промперегреватель; 6 - отсечная заслонка; 7 - ЦНД турбины; 8 - подогреватели сетевой воды; 9 - насос теплосети; 10 - конденсатор турбины; 11 - конденсатный насос первой ступени;

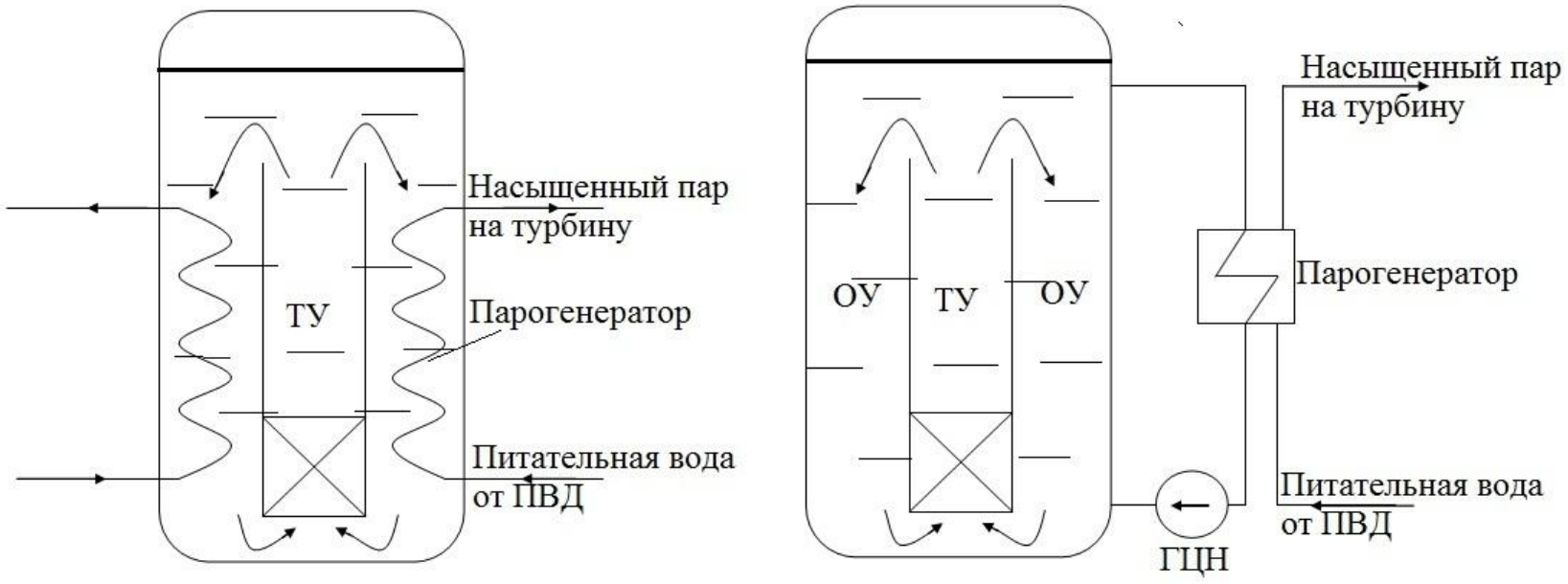
12 - основной эжектор; 13 - эжектор уплотнений; 14 - конденсатоочистка; 15 - конденсатный насос второй ступени; 16 - ПНД; 17 - дренажный насос; 18 – охладитель; 19 - деаэратор; 20 - питательный насос с турбоприводом; 21 - ПВД; 22 - коллектор пара собственных нужд; 23 – БРУ-СН; 24 – БРУ-К

АМБ-100
Атом мирный большой



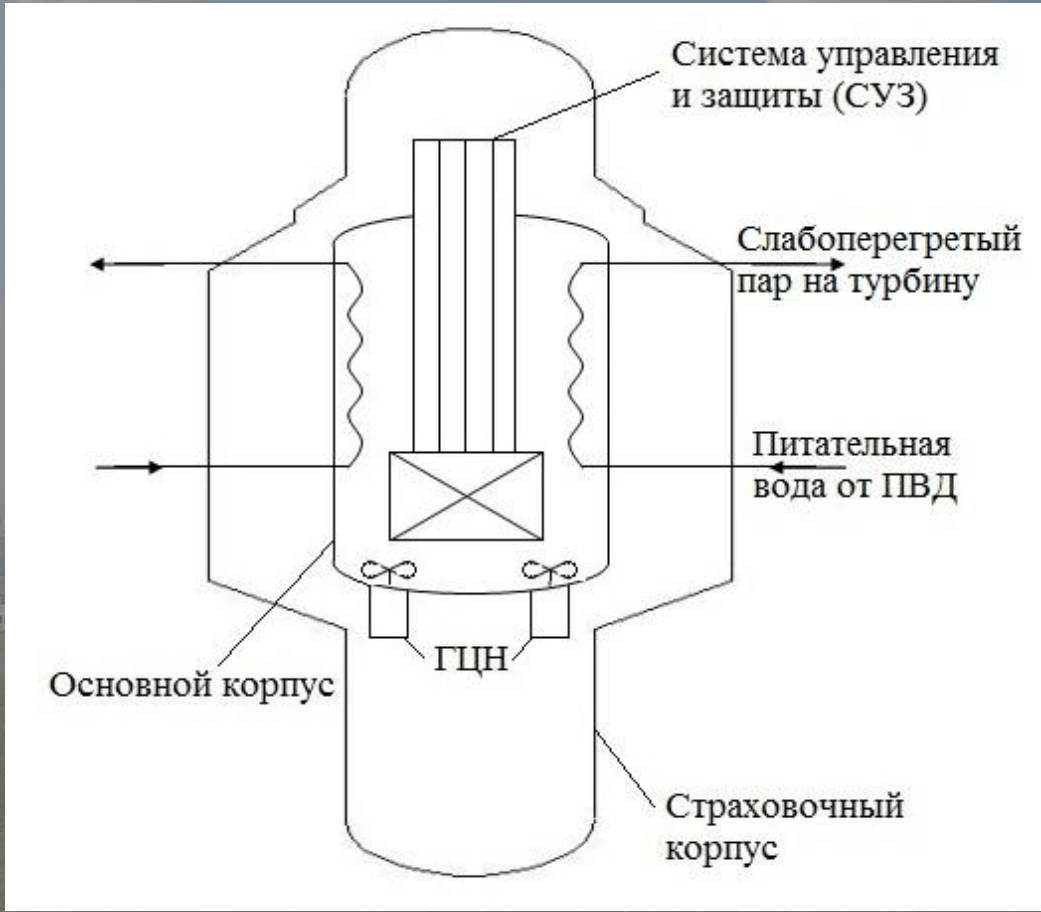
1-реактор канального типа
2-пароперегревательный канал (ППК)
3-испарительный канал (ИК)
4-сепаратор
5-испаритель
6-подогреватель
7-ГЦН
8-турбина
9-конденсатор
10-конденсационный насос (КН)
11-ПНД
12-деаэратор
13-питательный насос (ПН)
14-электрогенератор (ЭГ)
15-ПВД
16- регулятор перегрева

ВК
Водяной кипящий реактор

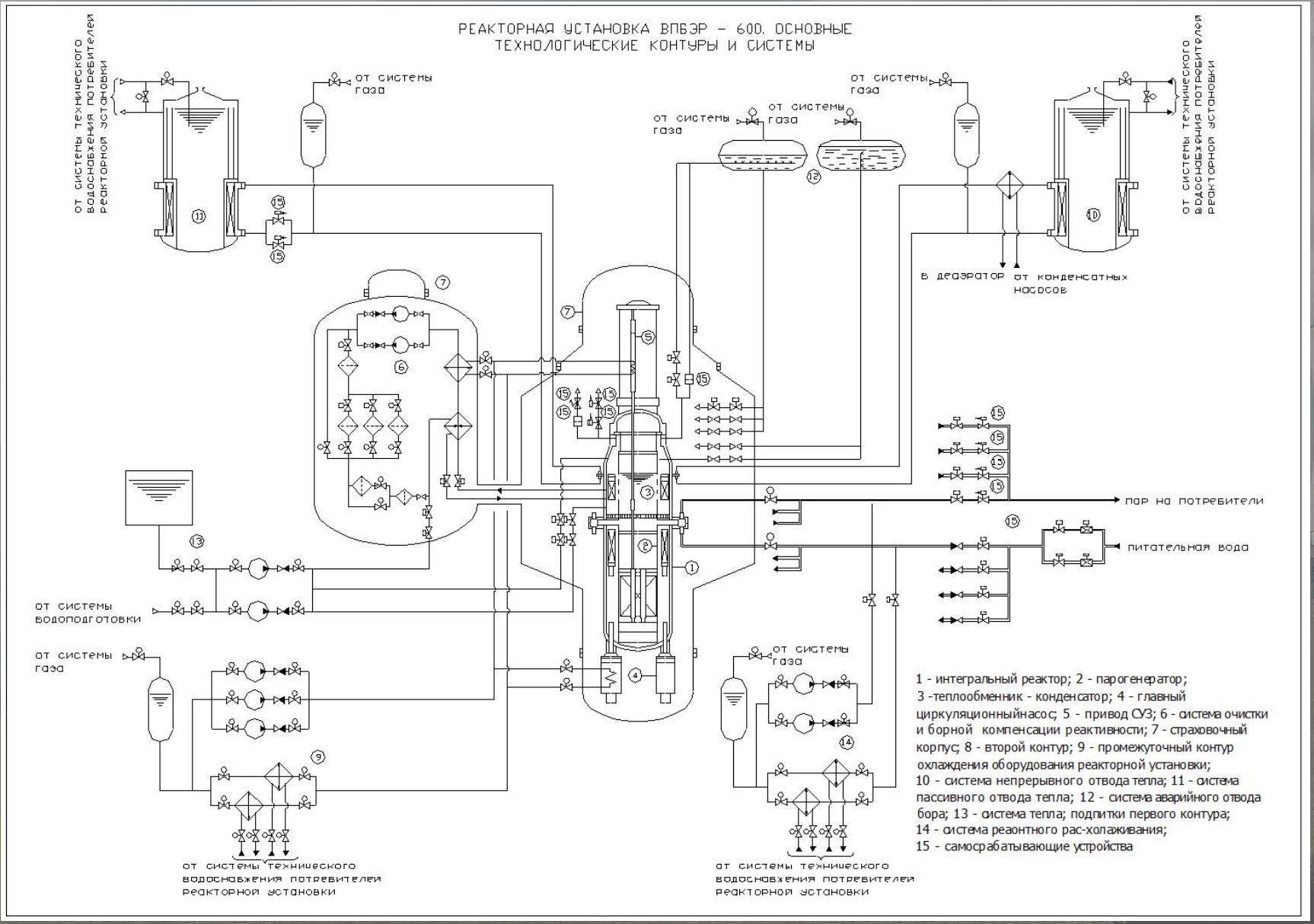


ТУ - тяговый участок
ОУ - отпускной участок

ВПБЭР
Водяной повышенной безопасности энергетический реактор



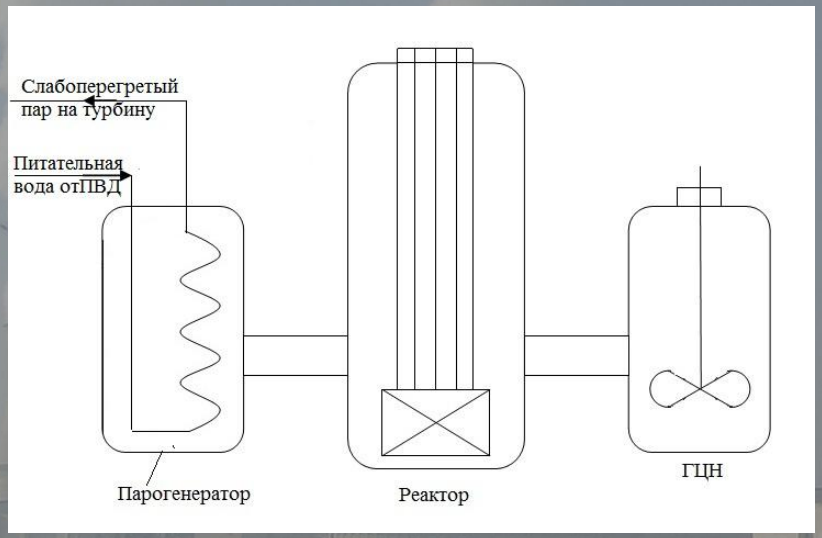
ВПБЭР-600

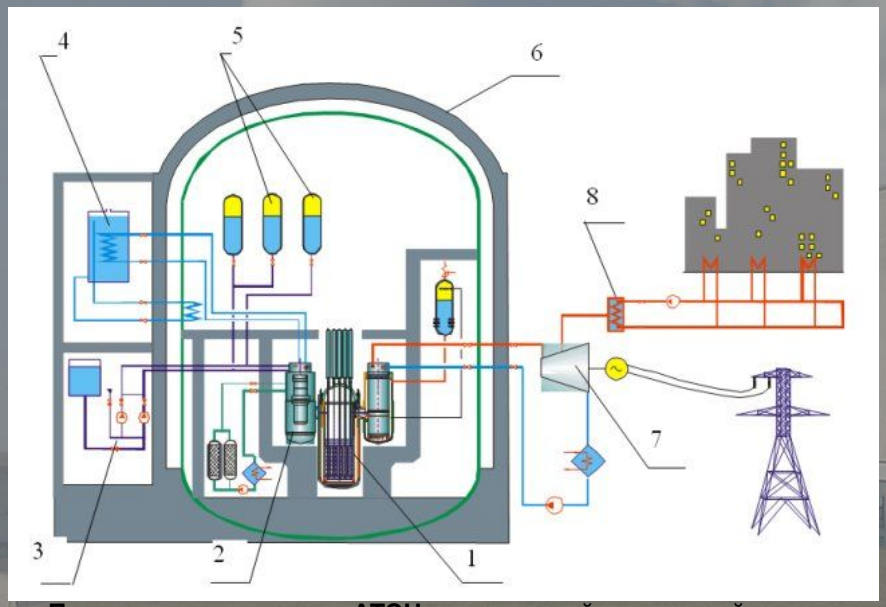

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА ВПБЭР – 600. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОНТУРЫ И СИСТЕМЫ
от системы технического водоснабжения потребителей реакторной установки
от системы газа
от системы газа
от системы газа
от системы газа
от системы технического водоснабжения потребителей реакторной установки
в деаэратор
от конденсатных насосов
пар на потребители
питательная вода
от системы водоподготовки
от системы газа
от системы газа
от системы технического водоснабжения потребителей реакторной установки
от системы технического водоснабжения потребителей реакторной установки
1 - интегральный реактор; 2 - парогенератор;
3 -теплообменник - конденсатор; 4 - главный циркуляционныйнасос; 5 - привод СУЗ; 6 - система очистки и борной компенсации реактивности; 7 - страховочный корпус; 8 - второй контур; 9 - промежуточный контур охлаждения оборудования реакторной установки;
10 - система непрерывного отвода тепла; 11 - система пассивного отвода тепла; 12 - система аварийного отвода бора; 13 - система тепла; подпитки первого контура;
14 - система реаонтного рас-холаживания;
15 - самосрабатывающие устройства

ВБЭР

Водяной блочный энергетический реактор

P_I=15,7
МПа



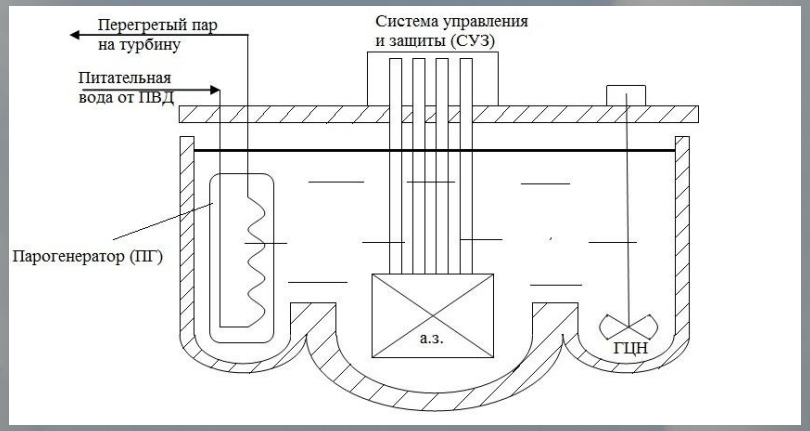


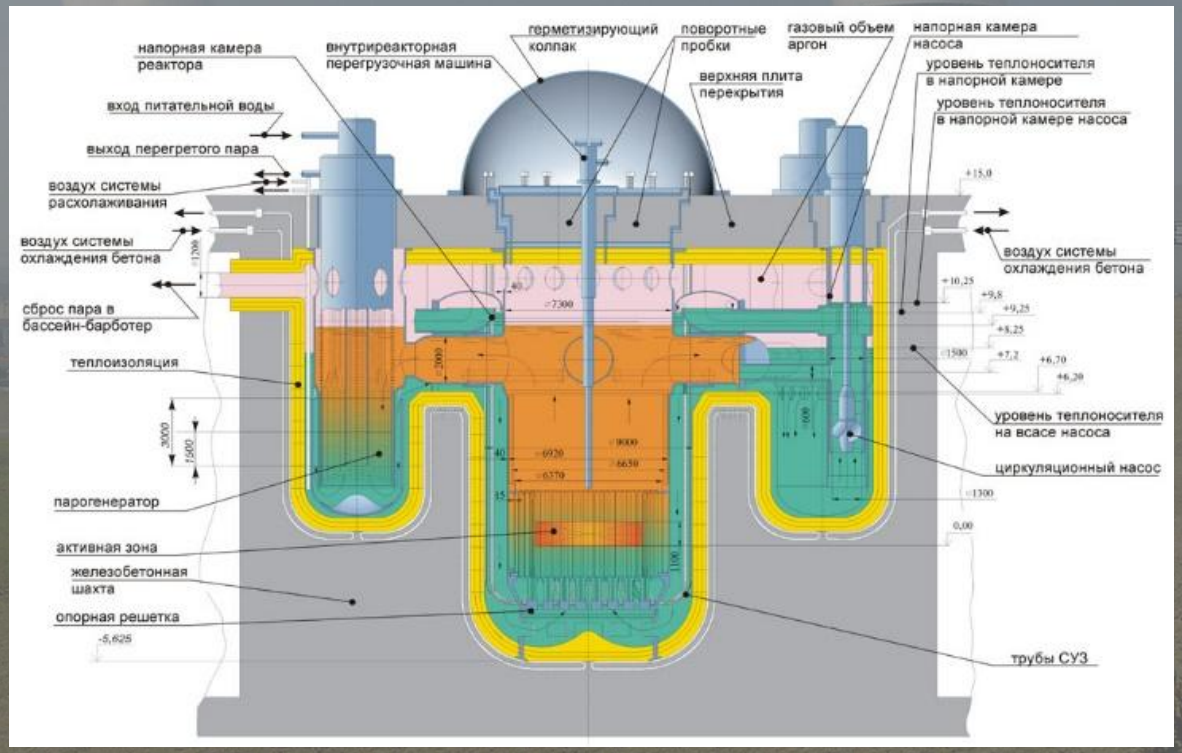
Принципиальная схема АТЭЦ с реакторной установкой ВБЭР-300:

1 – реактор, 2 – парогенератор, 3 – система очистки и расхолаживания, 4 – пассивная система аварийного расхолаживания, 5 – гидроаккумуляторы системы аварийного охлаждения активной зоны, 6 – защитная оболочка, 7 – турбогенераторная установка, 8 – теплообменник сетевой воды.

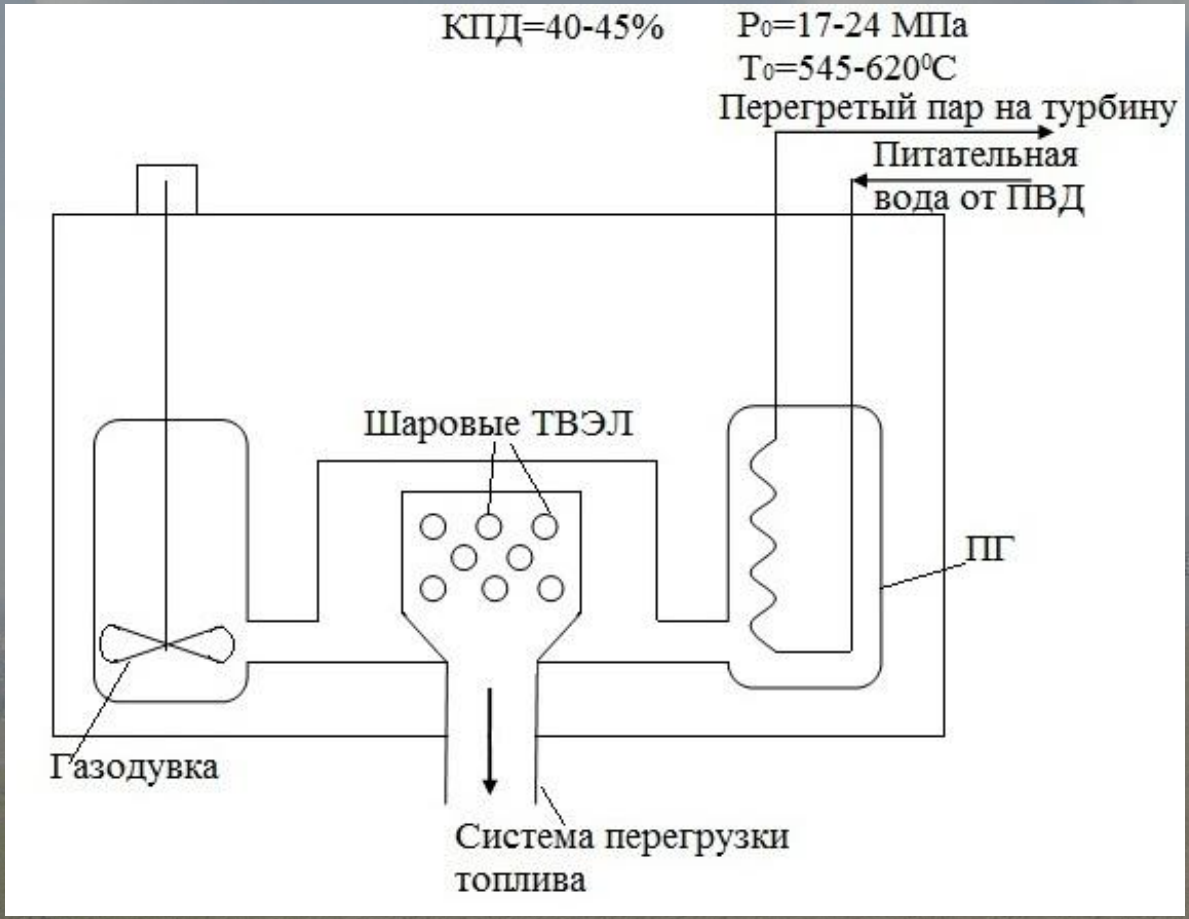
БРЕСТ

Быстрый реактор со свинцовым теплоносителем

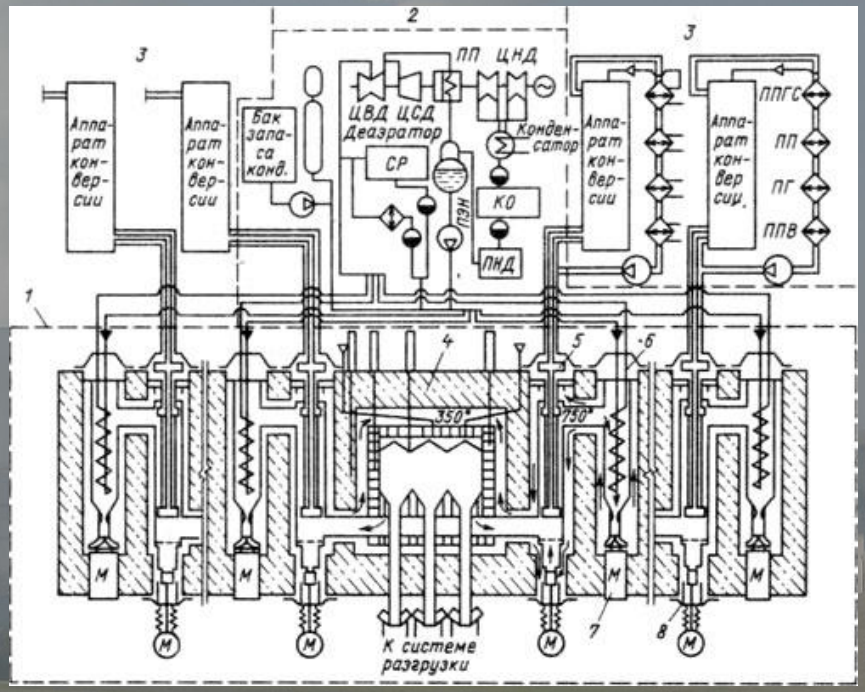




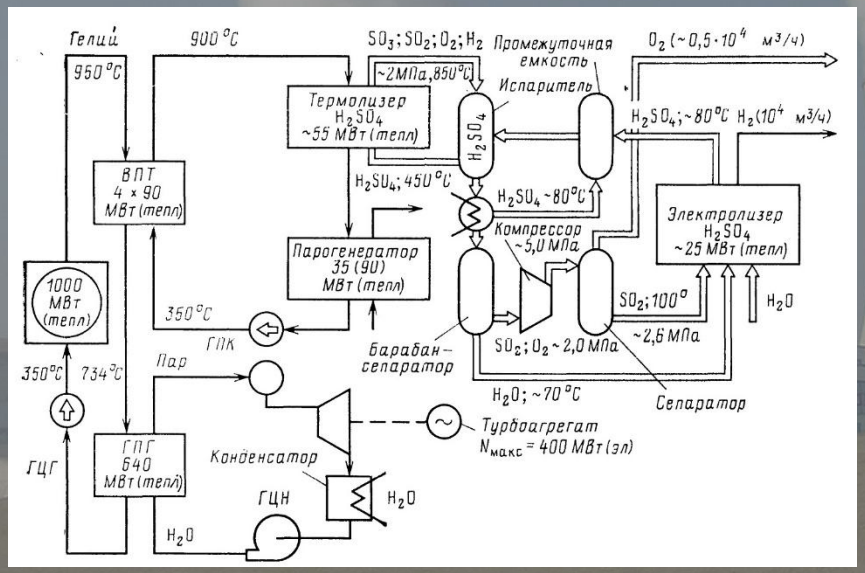
ВТГР
Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор



ВГ-400
Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор

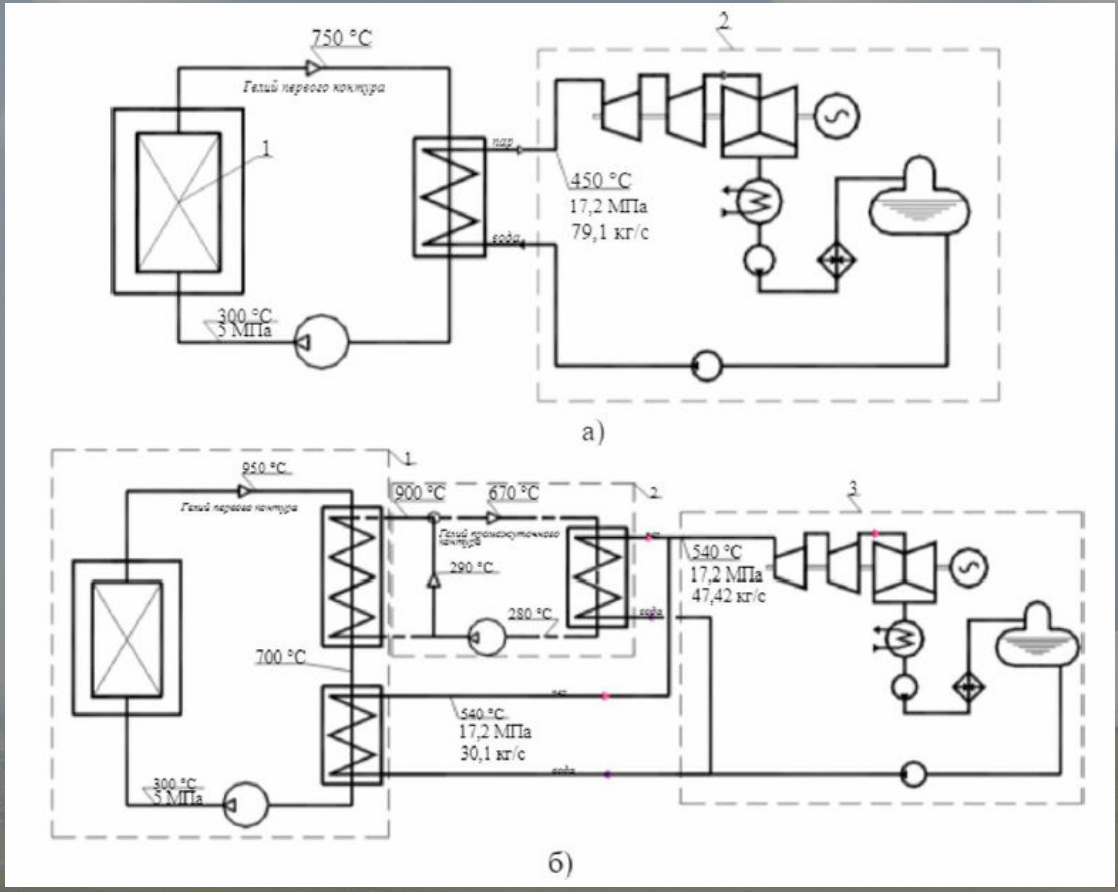


ВГ-400



Принципиальная схема АЭТС ВГ-400

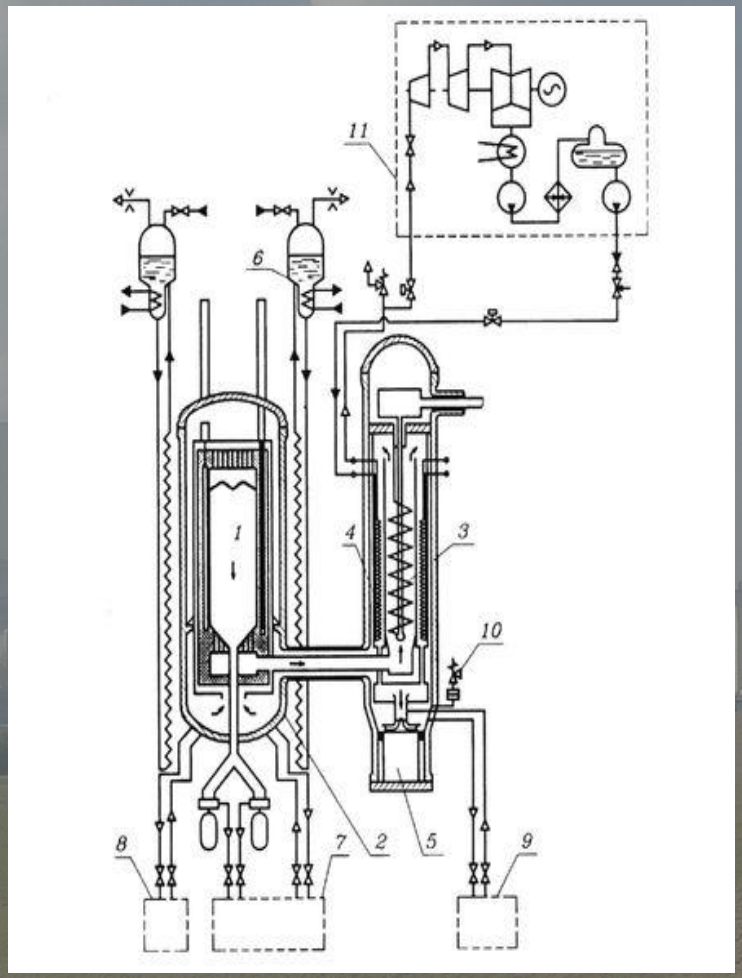
Упрошенная схема установки ВГМ для двух этапов эксплуатации



а – первый этап эксплуатации: 1 – активная зона; 2 – паротурбинная установка;
б – второй этап эксплуатации: 1 первый контур; 2 – промежуточный (гелиевый) контур; 3 – ПТУ

ВГМ-200

Высокотемпературный газоохлаждаемый модульный реактор (первый этап эксплуатации)



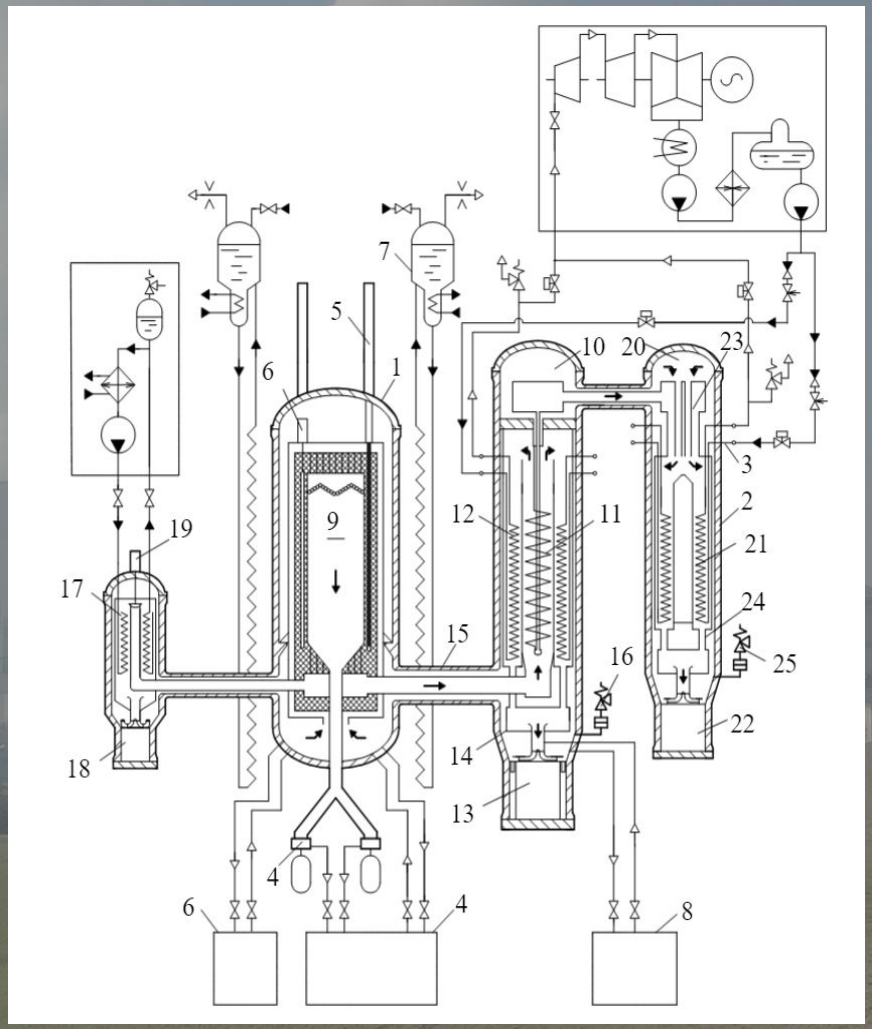
1 — реактор: 2 — силовой корпус; 3 — промежуточный теплообменник;

4 — парогенератор; 5 — газодувка; 6 — система охлаждения; 7 — система циркуляции твэлов; 8 — система поглощающих шариков; 9 — система очистки гелия; 10— сбросной клапан; 11 — система паровой турбины

(преобразования энергии)

ВГМ-200

Высокотемпературный газоохлаждаемый модульный реактор (второй этап эксплуатации)



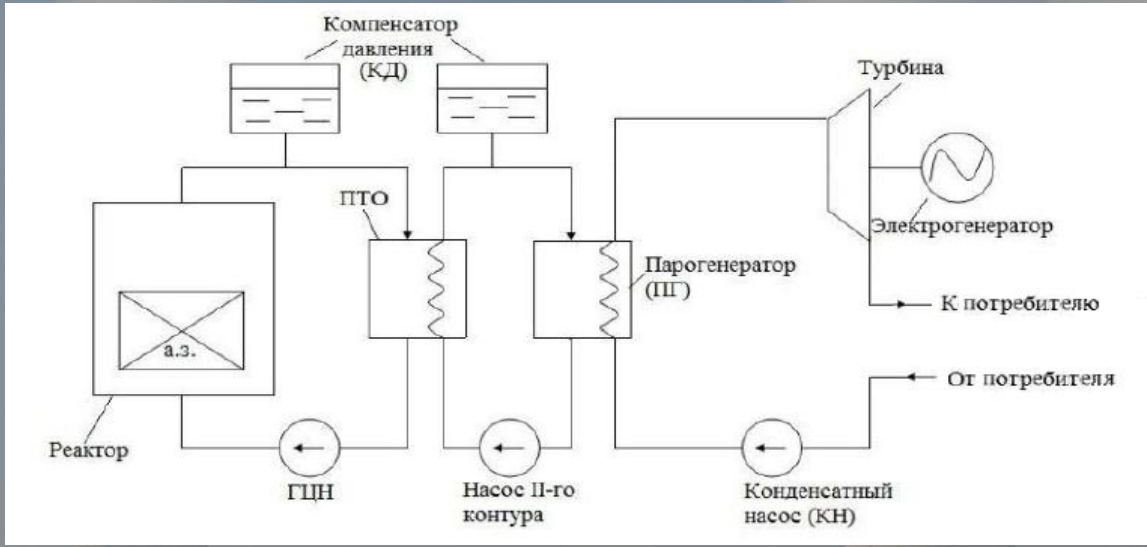
1 - первый контур; 2 - промежуточный контур;
3 - пароводяной контур;
4 - разгрузочно-загрузочный комплекс;
5 - привода стержней СУЗ;
6 - шаровая система компенсации реактивности;
7 - система охлаждения шахты реактора;
8 - система очистки первого контура;
9 - реактор;
10- блок тепломеханического оборудования;
11 - высокотемпературный промежуточный теплообменник;
12 – парогенератор;
13 - главная циркуляционная газодувка;
14, 24 - внутрикорпусные металлоконструкции;
15 - блок корпусов;
16, 25 - предохранительный комплекс первого и промежуточного контуров;
17, 18, 19- теплообменник, газодувка, байпасный клапан вспомогательной петли теплообмена;
20 - имитатор химико-технологической части;
21, 22- парогенератор и главная циркуляционная газодувка промежуточного контура;
23 - дроссельно-смесительное устройство

Трехконтурные

1. БН-350
2. БН-600
3. БН-800
4. АСТ-500

БН-350

Энергетический реактор на быстрых нейтронах



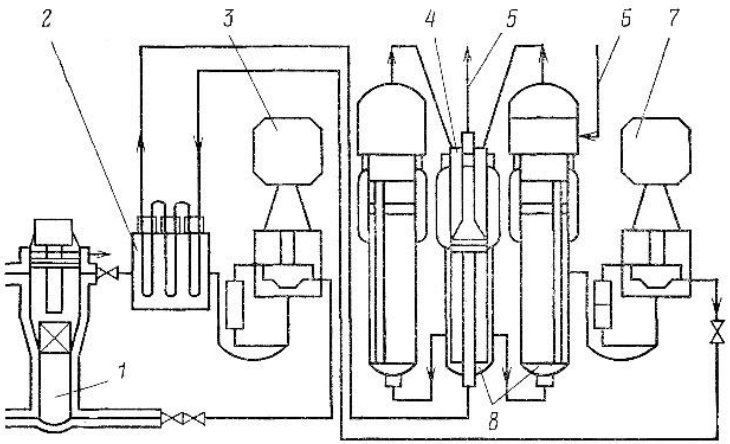
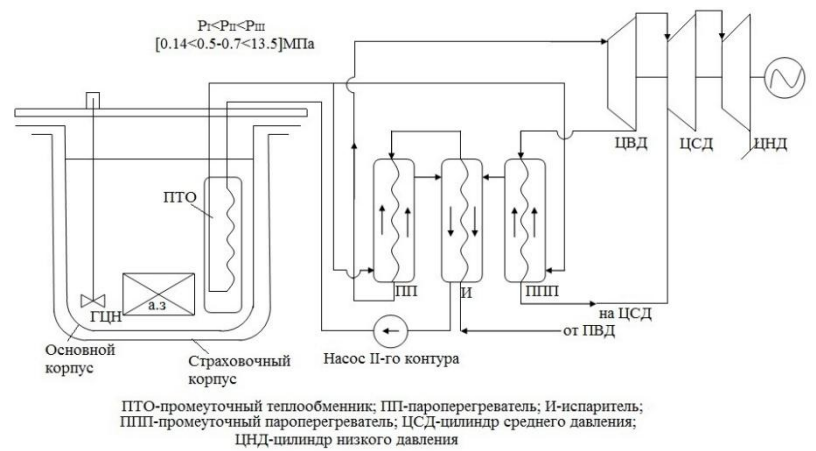


Рис. 1.2. Схема циркуляции теплоносителя первого и второго контуров установки БН-350:

1 — реактор; *2* — промежуточный теплообменник; *3* — циркуляционный насос первого контура; *4* — пароперегреватель; *5* — выход перегретого пара; *6* — вход питательной воды; *7* — циркуляционный насос второго контура; *8* — испаритель парогенератора

БН-600

Энергетический реактор на быстрых нейтронах



ПТО-промеуточный теплообменник; ПП-пароперегреватель; И-испаритель; ППП-промеуточный пароперегреватель; ЦСД-цилиндр среднего давления; ЦНД-цилиндр низкого давления

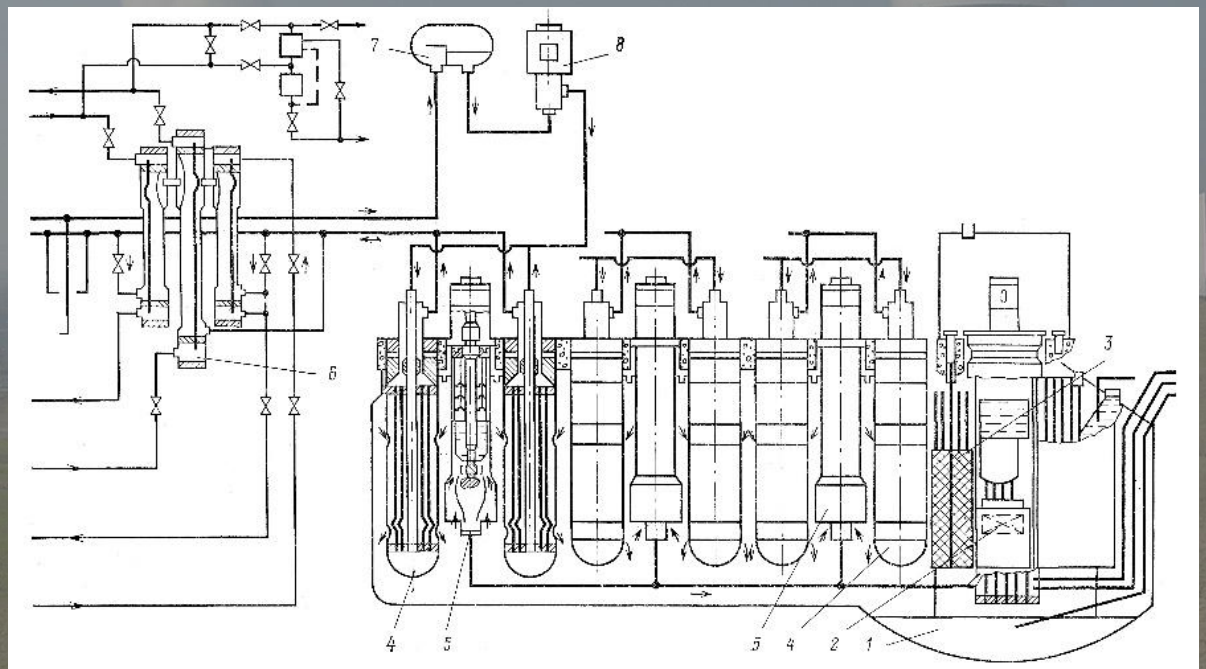
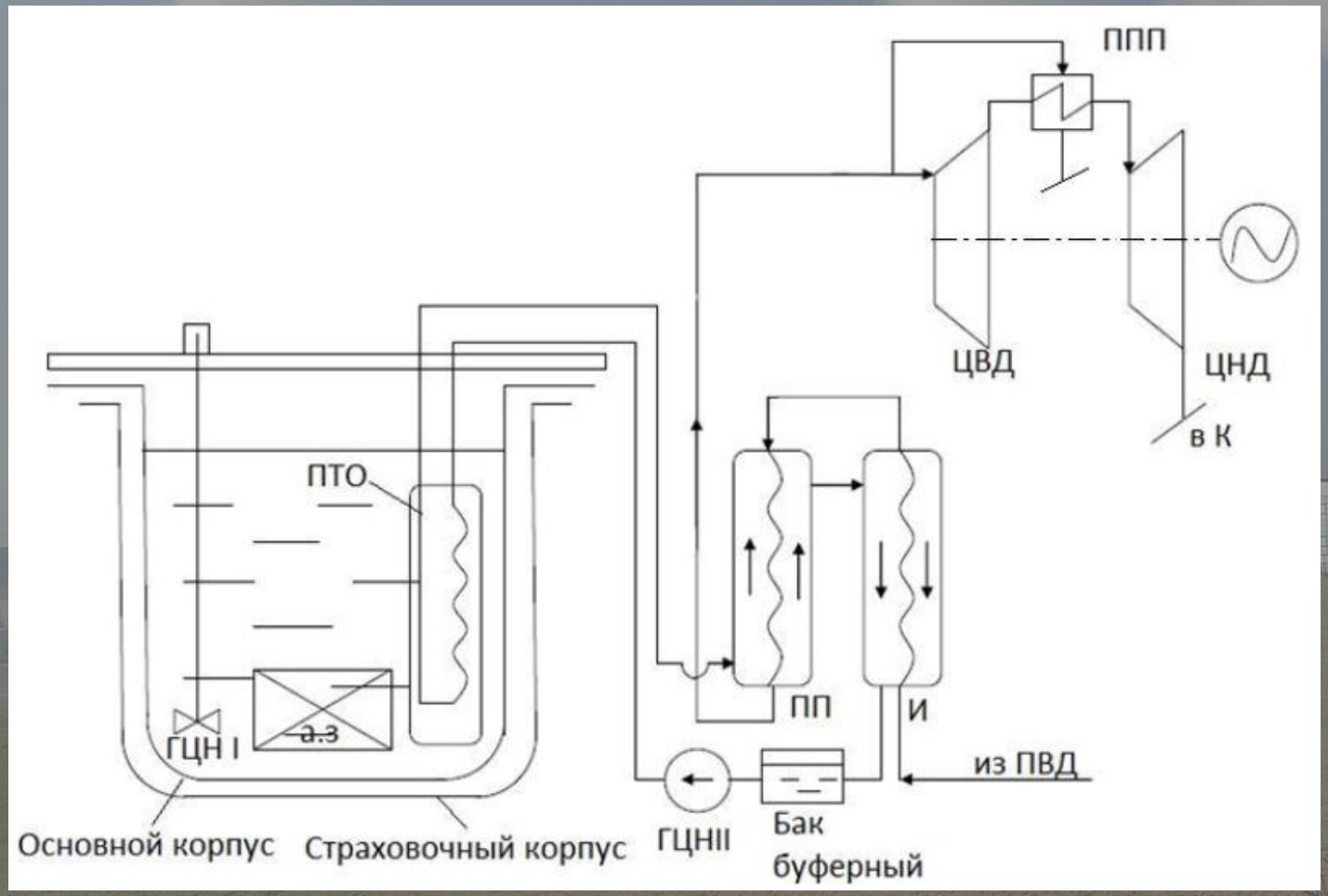


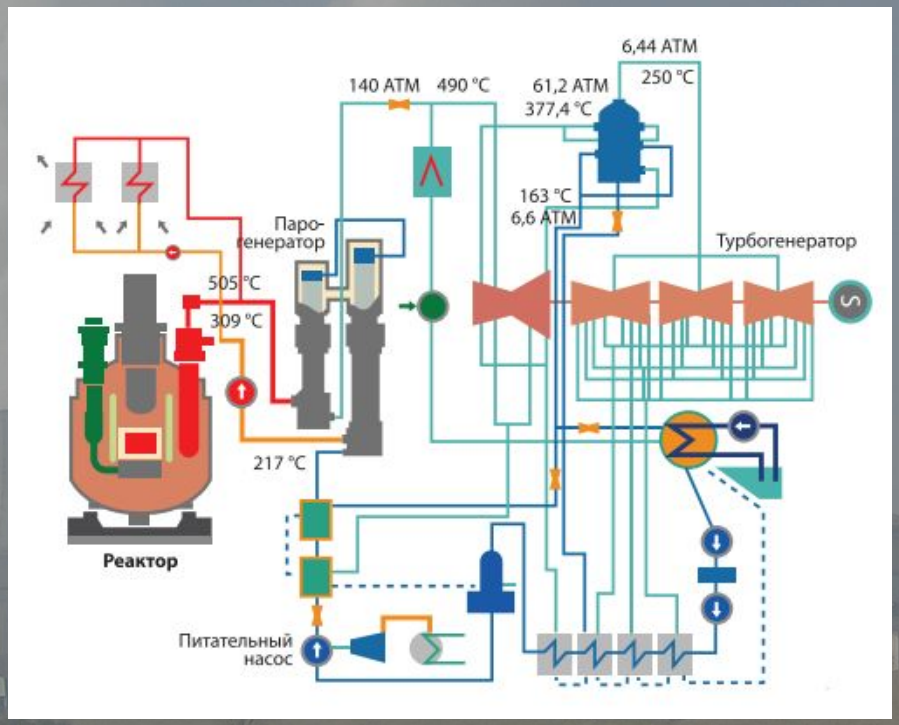
Рис. 1.3. Принципиальная схема первого и второго контуров установки БН-600:
1 — реактор; 2 — активная зона; 3 — внутрикорпусная защита реактора; 4 — промежуточный теплообменник; 5 — циркуляционный насос первого контура; 6 — парогенератор; 7 — буферная емкость; 8 — циркуляционный насос второго контура

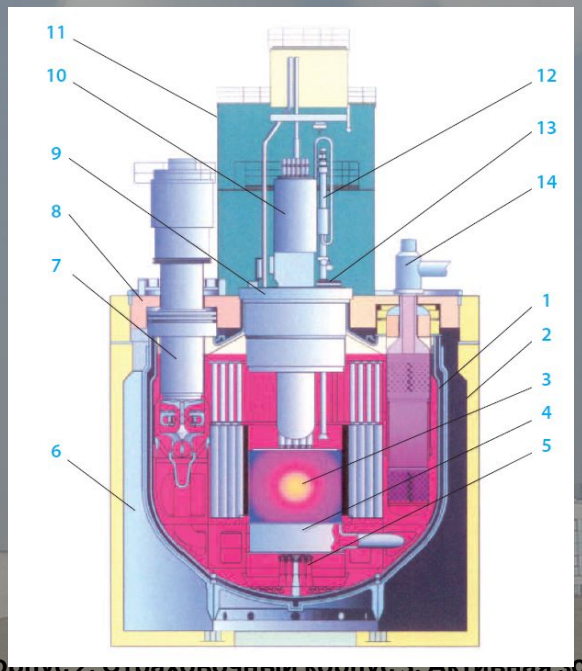
БН-800

Энергетический реактор на быстрых нейтронах



БН-800
(продолжение)





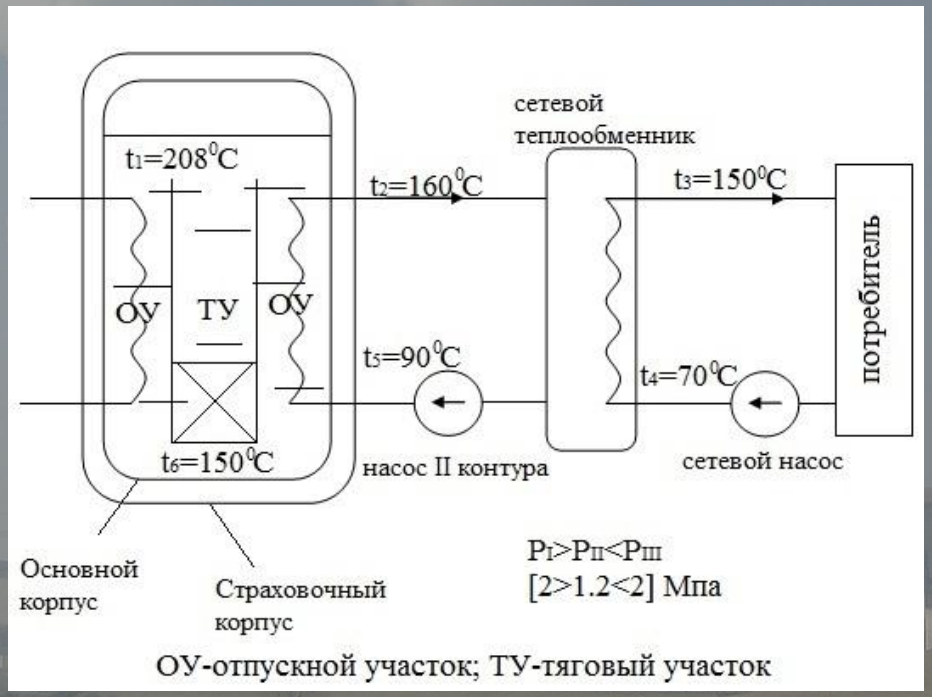
1. Корпус 2. Страховочный корпус 3. Активная зона 4. Напорная камера 5. Локализующее устройство

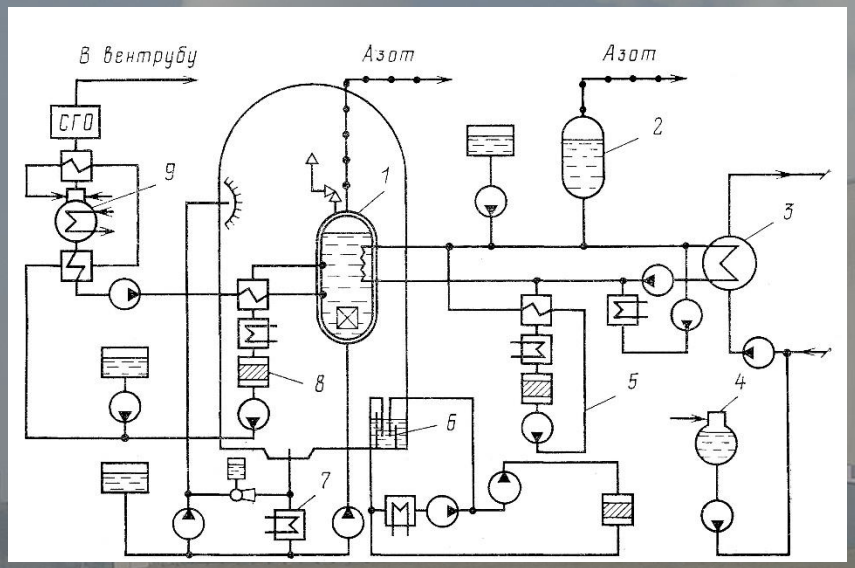
6. Шахта 7. Главный циркуляционный насос 8. Верхняя неподвижная защита 9. Большая поворотная пробка

10. Центральная поворотная пробка 11. Защитный колпак 12. Механизм перегрузки

13. Малая поворотная пробка 14. Промежуточный теплообменник

АСТ-500
Атомная станция теплоснабжения





Принципиальная схема АСТ-500:
1 — реакторная установка; 2 — компенсатор второго контура; 3 — сетевой подогреватель;
4 — деаэратор подпитки теплосети; 5 — система очистки воды второго контура; 6 — бассейн выдержки; 7 -— теплообменник аварийного расхолаживания; 8 — система очистки воды первого контура; 9 — деаэратор первого контура