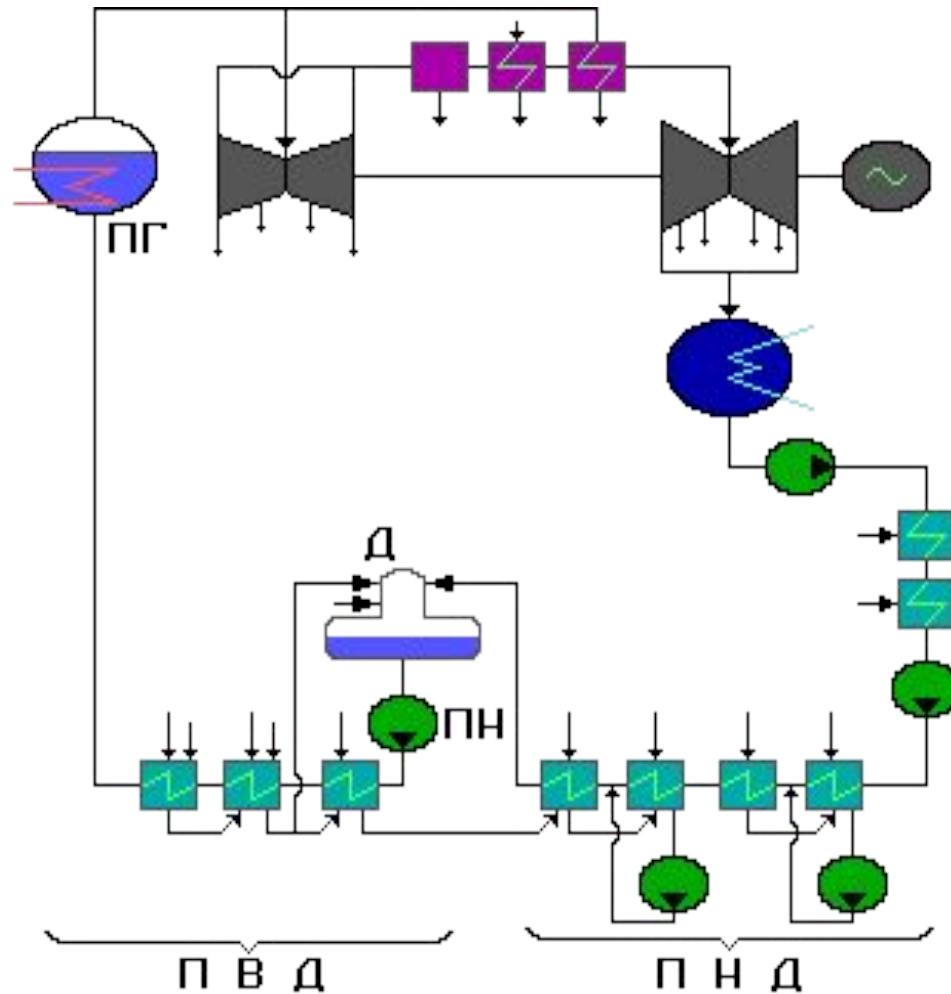


Питательная установка

Принципиальная схема



Принципиальная регенеративная
схема турбоустановки АЭС

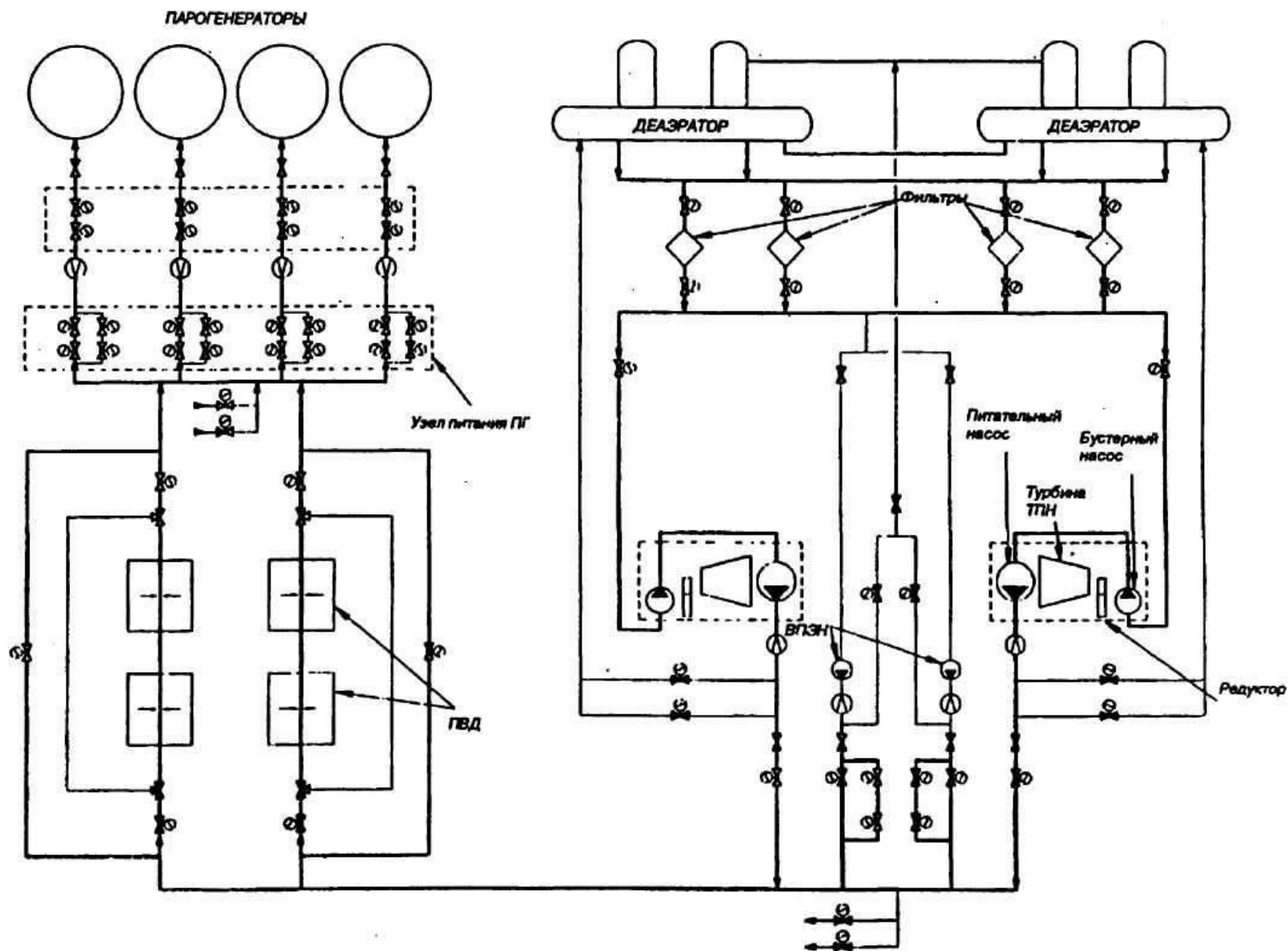
Назначение питательной установки

- Система питательной воды предназначена для подачи питательной воды в парогенераторы (ПГ) из деаэраторов повышенного давления (Д-7ата). Система работает в режиме планового или аварийного расхолаживания блока, служит для предварительного прогрева, деаэрации питательной воды и заполнения 2 контура и для отвода остаточного тепловыделения реактора при останове или при поддержании блока в горячем резерве.

ПВД

- Регенеративные подогреватели, которые расположены после питательного насоса, развивающего достаточно высокий напор (для АЭС $\approx 80-90$ ата), называется подогревателями высокого давления (ПВД).
- Задача системы состоит в непрерывном восполнении убыли воды в парообразующей установке (ПГ), связанной прежде всего с расходом пара на турбину, а также с расходом пара прочим потребителям через коллектор собственных нужд (КСН), утечками во втором контуре (течи, парения) и т.д.

Схема питательной установки



Питательная установка

- Система питательной воды состоит из:
- - двух деаэраторов повышенного давления (Д-7ата) с деаэрационными колонками ДП - 1600;
- - четырех фильтров по питательной воде (3 находятся в работе постоянно, 1 - в резерве);
- - двух главных питательных насосов (ТПН) и двух вспомогательных питательных электронасосов (ВПЭН), системы регенерации высокого давления (две нитки ПВД);
- - узла питания, состоящего из регуляторов уровня парогенераторов (РУПГ) с основными линиями подачи питательной воды в ПГ и байпасными линиями подачи питательной воды в ПГ с отсекающими арматурами на этих линиях;
- трубопроводов и арматуры.

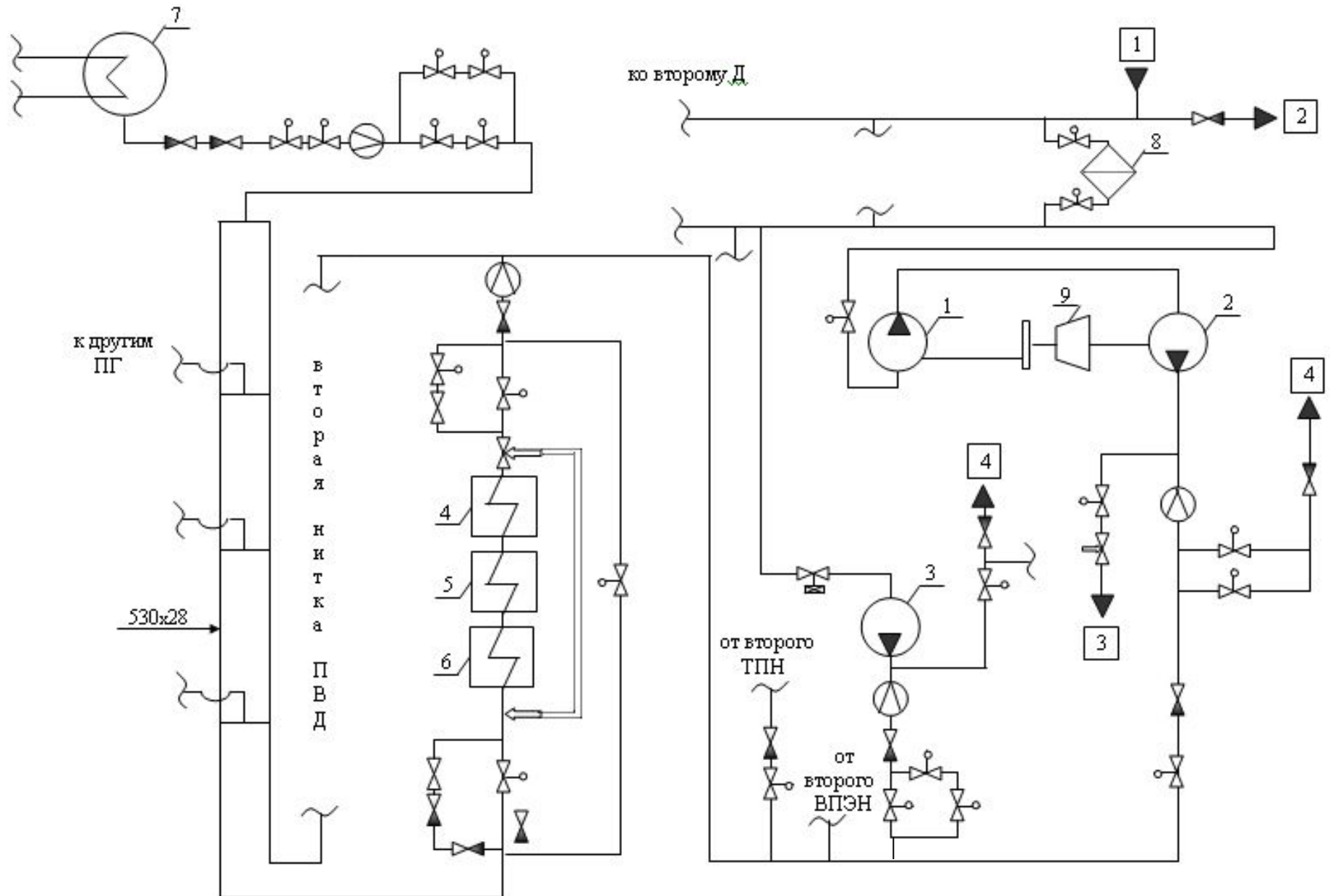
Узел питания парогенераторов

- Узел питания парогенераторов состоит из:
- - задвижек на основных линиях подачи питательной воды в ПГ Ду 400
- - задвижек на байпасных линиях подачи питательной воды в ПГ Ду100.
- - регуляторов на основных линиях подачи питательной воды в ПГ Ду400
- - регуляторов на байпасных линиях подачи питательной воды в ПГ Ду100

Элементы узла питания ПГ

- Основные и байпасные задвижки на узле питания парогенераторов предназначены для установки в качестве запорной арматуры на трубопроводах питательной воды
- Регуляторы основные и байпасные на узле питания парогенераторов применяются для регулирования расходов питательной воды при пусковых операциях, при работе энергоблока на мощности, при остановках энергоблока.

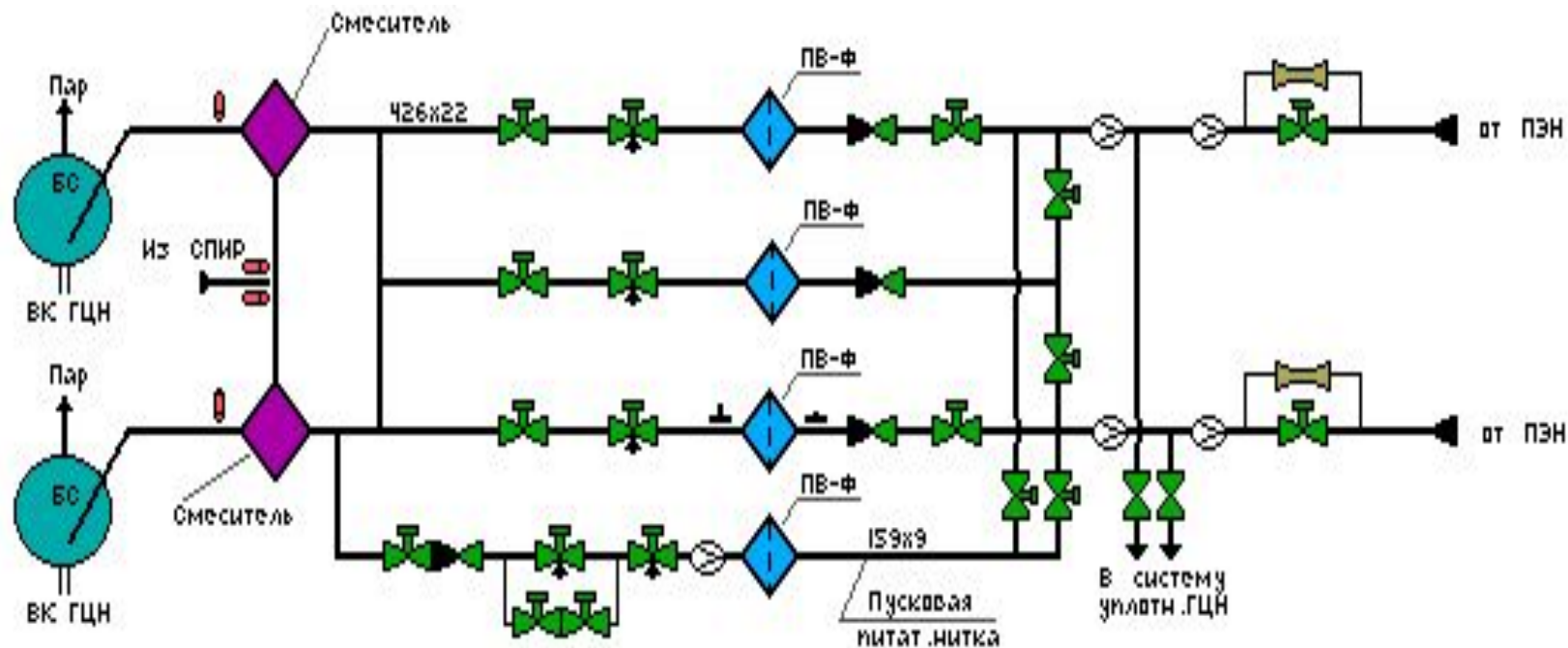
Система питательной воды



Система питательной воды

- 1 – предвключенный (бустерный) насос (ПД-3750-200), 2шт, $Q=3815 \text{ м}^3/\text{г}$, $H=214 \text{ м.в.ст}$
- 2 - питательный насос с турбоприводом (ПТ-3750-75), 2шт, $Q=3760 \text{ м}^3/\text{г}$, $H=808 \text{ м.в.ст}$
- 3 - вспомогательный питательный электронасос (ПЭ-150-85), 2шт, $Q=150 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H=910 \text{ м.в.ст}$
- 4 - ПДВ№5, 2шт,(ПВ-2500-97-10А) $F=2500\text{м}^2$
- 5 - ПДВ№6, 2шт,(ПВ-2500-97-18А) $F=2500\text{м}^2$
- 6 - ПДВ№7, 2шт,(ПВ-2500-97-28А) $F=2500\text{м}^2$
- 7 - парогенератор (ПГВ-1000М), 4шт, $P=64 \text{ кгс/см}^2$, $Q=1469 \text{ м}^3/\text{ч}$
- 8 - фильтр, 4шт, $\Delta P=1,5 \text{ м.в.ст}$, $Q=2000 \text{ м}^3/\text{ч}$
- 9 – приводная турбина ПН, 2шт, (ОК-12А), $N=12\text{МВт}$

Питательный узел (РБМК)



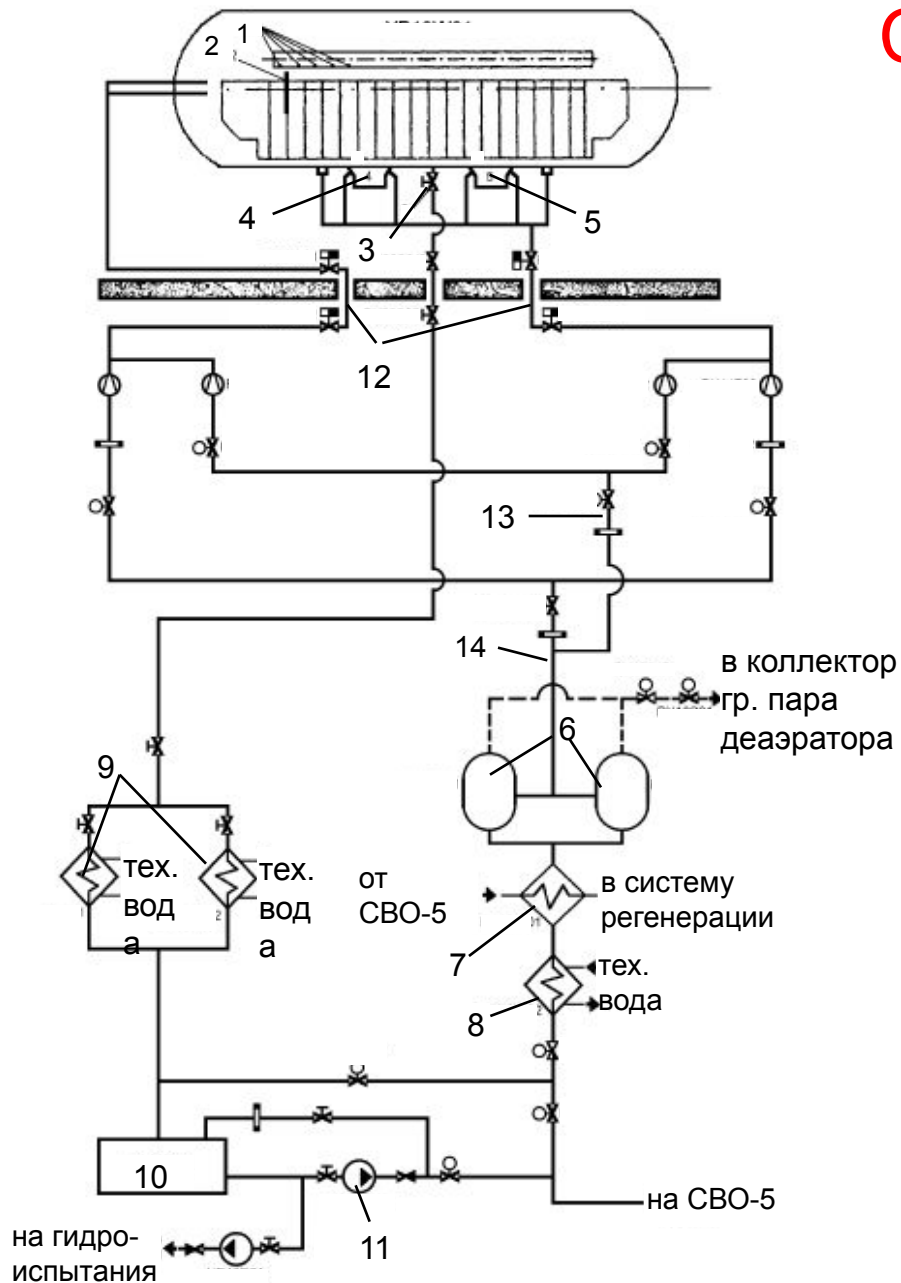
Система продувки и дренажей парогенератора

- Система продувки парогенератора предназначена для поддержания норм вводно-химического режима котловой воды парогенератора. Продувка заключается в отборе части котловой воды из мест наиболее вероятного скопления шлама, продуктов коррозии, солей, очистка воды и последующий возврат ее в контур. Система продувки парогенераторов является системой нормальной эксплуатации.

Требования к системе продувки ПГ.

- система должна обеспечить непрерывную продувку с расходом 7,5 т/ч от каждого парогенератора;
- система должна обеспечить возможность проведения периодической продувки с расходом 30 т/ч, при этом суммарный расход продувочной воды от всех четырех парогенераторов должен составлять 60 т/ч;
- система должна обеспечить возможность дренирования каждого парогенератора с расходом не менее 30 т/ч при температуре котловой воды менее 100⁰С и атмосферном давлении.

Схема системы продувки ПГ



- 1 – «заглушенные» коллекторы питательной воды,
- 2 – перегородка «солевого» отсека,
- 3 – дренаж ПГ,
- 4 – холодный коллектор ПГ,
- 5 – горячий коллектор ПГ,
- 6 – расширители продувки,
- 7 – регенеративный теплообменник,
- 8 – доохладитель продувки,
- 9 – охладитель дренажей,
- 10 – бак дренажей,
- 11 – насос бака дренажей,
- 12 – трубопровод $\varnothing 28 \times 3$,
- 13 – трубопровод $\varnothing 89 \times 6$,
- 14 – трубопровод $\varnothing 159 \times 9$.

Продувка ПГ

- Продувка парогенератора осуществляется по двум линиям: из солевых отсеков и из зазоров между коллекторами и патрубками парогенератора («карманы» коллекторов) по трубопроводам $\varnothing 28 \times 3$;
- Непрерывная продувка осуществляется по обеим линиям и объединяется в коллектор $\varnothing 159 \times 9$. Установленные на трубопроводах дроссельные шайбы обеспечивают заданный расход продувки 30 т/ч.
- Периодическая продувка осуществляется также по обеим линиям и объединяется в коллектор 13 $\varnothing 89 \times 6$. С помощью дроссельных шайб расход периодической продувки ограничивается величиной 30 т/ч.

Продувка ПГ

- Продувочная вода из ПГ поступает в расширитель продувки. В расширителе продувки давление поддерживается на уровне 0,79 МПа (8 кгс/см²).
- За счет расширения и центробежного эффекта происходит вскипание и разделение продувочной воды на пар и воду.
- Пар направляется в коллектор греющего пара деаэратора, а вода поступает сначала в регенеративный теплообменник продувки, а затем в доохладитель продувки и на СВО-5.

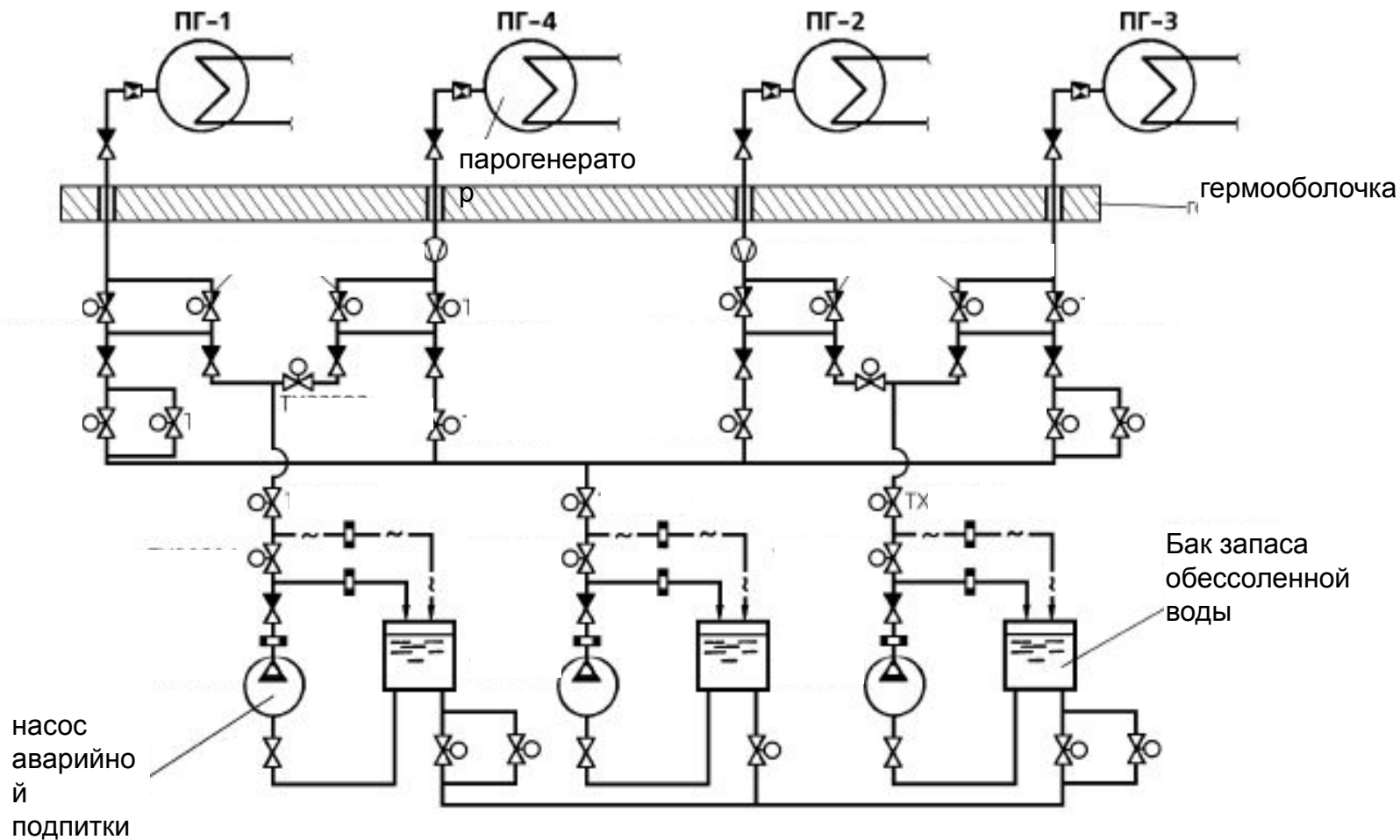
Продувка ПГ

- Регенеративный теплообменник – горизонтальный, кожухотрубный теплообменный аппарат, одноходовой по обеим средам.
- Состоит из двух секций, по шесть корпусов в каждой. Поверхность теплообмена набрана из трубок $\text{Ø}18 \times 1,4$ мм.
- Продувочная вода – в трубках, вода после СВО-5 – в межтрубном пространстве.
- После регенеративного теплообменника продувочная вода направляется в доохладитель продувки, где охлаждается технической водой до температуры не выше 55°C (по условию работы СВО-5).
- После СВО-5 продувочная вода проходит через регенеративный теплообменник, где нагревается за счет теплоты прямого потока, а потом возвращается в систему регенеративного подогрева.

Дренаж ПГ

- Дренирование парогенератора осуществляется через штуцер Ду100, расположенный снизу в средней части каждого парогенератора.
- Охладители дренажа – четырехкорпусные, горизонтальные кожухотрубные теплообменники, одноходовые, с противоточным движением сред. Предназначены для охлаждения котловой воды при дренировании парогенератора. Поверхность теплообмена каждого корпуса состоит из 18 трубок $\varnothing 18 \times 1,4$. Котловая вода проходит в межтрубном пространстве, а охлаждающая вода – в трубках.

Система аварийной питательной воды парогенератора



Назначение системы аварийной питательной воды ПГ

- Система аварийной питательной воды парогенератора предназначена для подачи обессоленной воды в парогенераторы для снятия остаточного тепла и расхолаживания реакторной установки в режиме обесточивания энергоблока, а также при авариях и неисправностях системы питательной воды.
- При обесточивании энергоблока система обеспечивает подачу воды в парогенераторы в течение 6-7 часов для аварийного расхолаживания.
- Система аварийной питательной воды парогенераторов относится к защитным системам безопасности

Требования к системе аварийной питательной воды ПГ

- обеспечить подачу воды не менее, чем в два парогенератора;
- обеспечить подачу воды в парогенератор с момента аварии за промежуток времени не более двух минут;
- при давлении в парогенераторе 6,3 МПа (64 кгс/см²) обеспечить подачу питательной воды с расходом 150 м³/ч;
- должна допускать возможность опробования (поканально) при работе блока на мощности и при этом не терять своих функциональных свойств;
- должна иметься возможность вывода в ремонт одного канала на время до 72 часов при работе реакторной установки.

Состав системы

- Система состоит из трех независимых каналов каждый из которых в отдельности обеспечивает расхолаживание энергоблока.
- Каждый канал включает в себя следующее оборудование:
 - бак запаса обессоленной воды объемом 500 м^3 ;
 - аварийный питательный насос производительностью $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором 9 МПа ;
 - трубопроводы, арматуру, КИП.

Включение системы в работу

- Система включается в работу по командам защит САОЗ, включение системы происходит автоматически.
- Кроме автоматического управления предусмотрено индивидуальное управление насосами и арматурой непосредственно с БЩУ и РЩУ.
- Система аварийной питательной воды парогенераторов также включается автоматически при совпадении следующих сигналов:
 - снижение уровня в любом парогенераторе на 750 мм от номинального;
 - температура теплоносителя первого контура выше 150°C в любой из петель

Работа системы

- Каждый аварийный питательный насос подключен к своему баку запаса обессоленной воды.
- Для возможности работы насоса из смежных баков все три бака объединены между собой трубопроводами Ду300 с отсекающей электроприводной арматурой.
- Заполнение и подпитка баков осуществляется из линии подачи химически обессоленной воды.

Работа системы

- На каждом трубопроводе подачи питательной воды к парогенератору установлены задвижка, регулирующий и обратный клапаны.
- Задвижки на трубопроводах предназначены для отключения ПГ по аварийной питательной воде при наличии течи.
- Ограничители течи перед парогенераторами предназначены для уменьшения расхода среды при разрыве трубопровода между ограничителем и обратным клапаном.