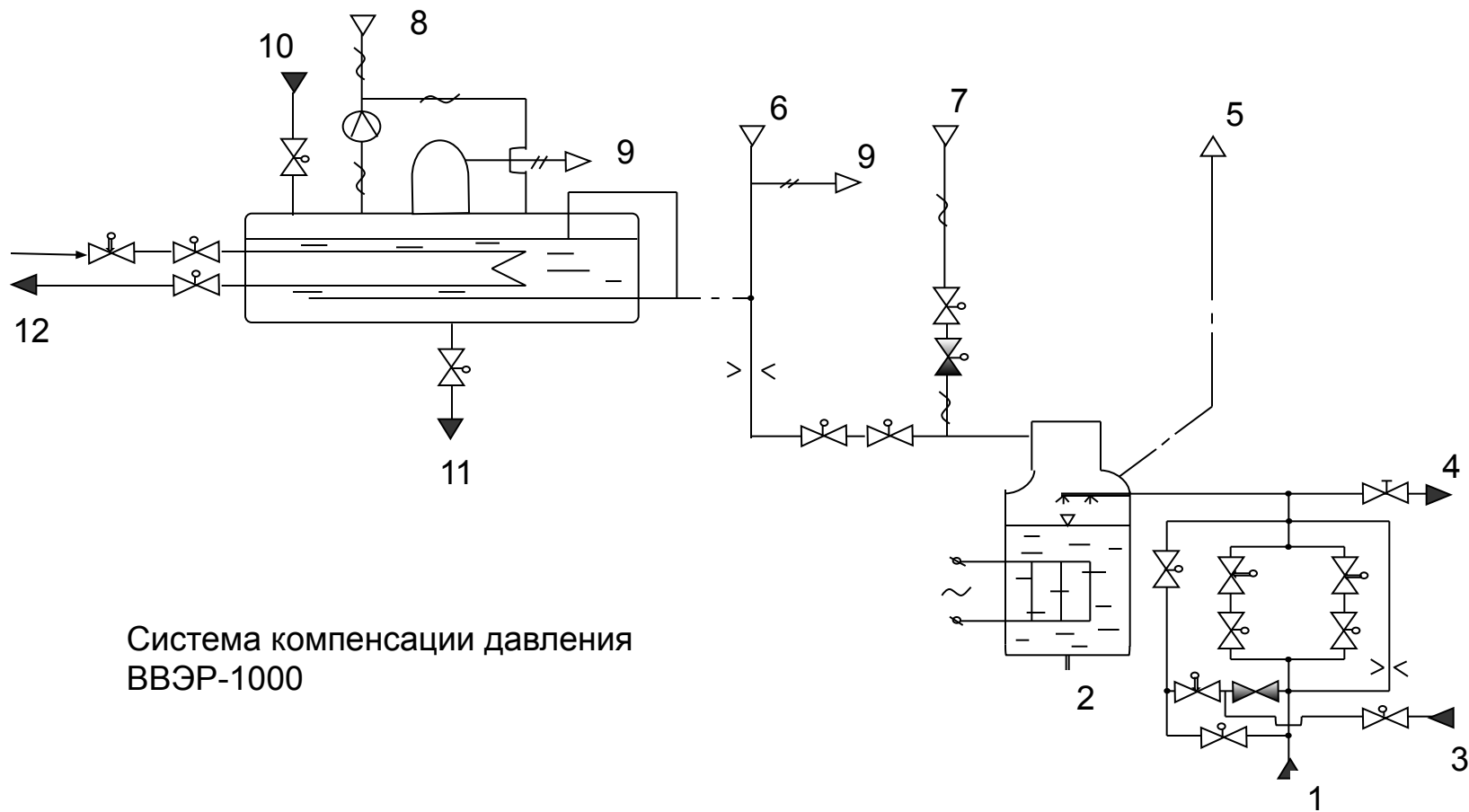


ВВЭР-1000: основные системы



СКД: назначение и основные характеристики

- Назначение:
- создание первоначального давления в контуре при пуске блока
- поддержание давления в 1 контуре реактора в стационарном режиме работы блока в допустимых пределах и для ограничения давления в переходных и аварийных режимах
- Состав:
- - компенсатор давления (КД: $V_{КД} = 79 \text{ м}^3$, $V_{воды}=55\text{м}^3$)
- - бак барботер (ББ: $V_{ББ}=30\text{м}^3$, $V_{воды}=20\text{м}^3$)
- - линии связи и арматура

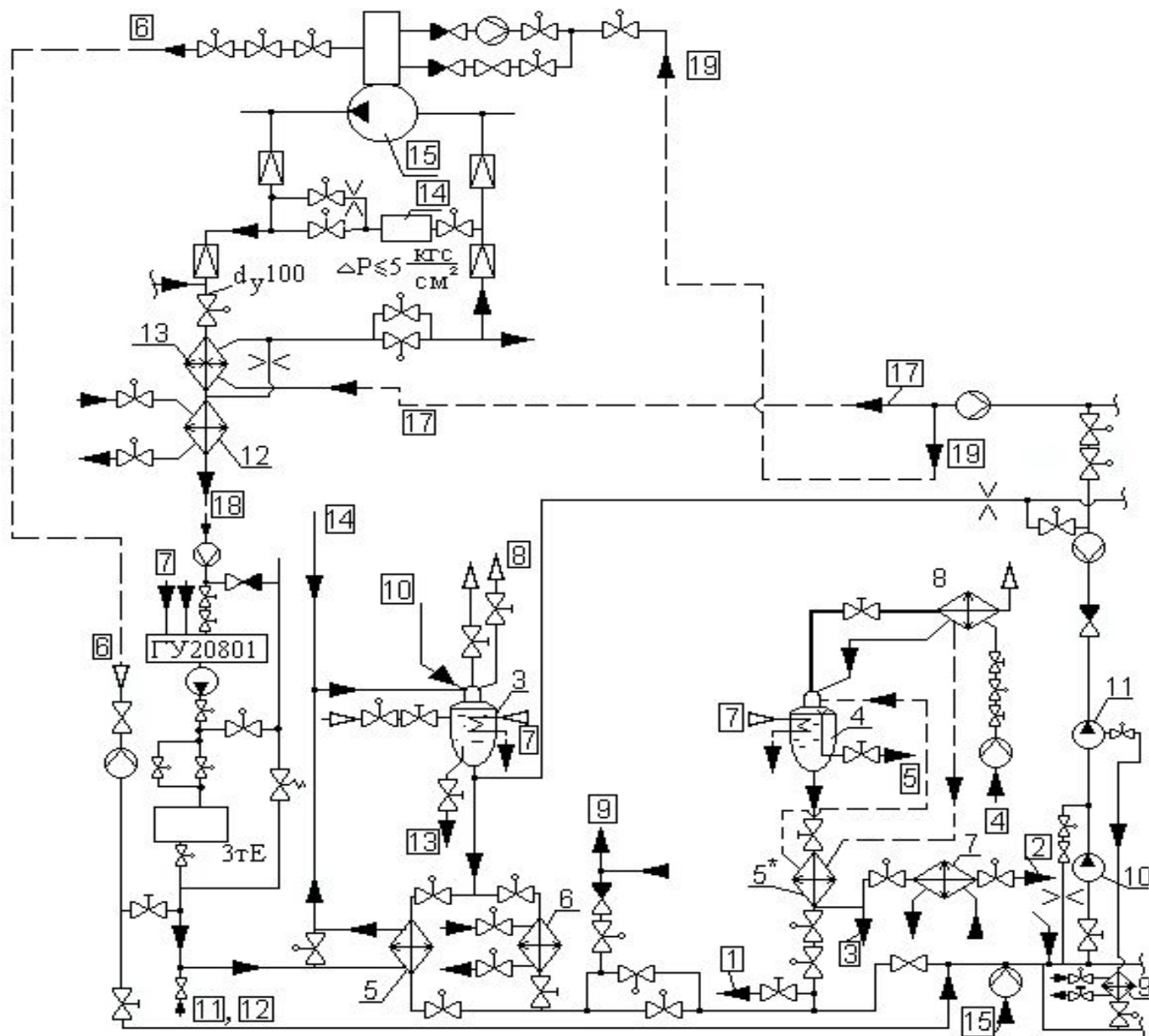
Паровая часть КД находится при t_s , эта температура создаётся и поддерживается от встроенных ТЭН ($\Sigma \text{ NTЭН}=2520\text{кВт}$). В нижней части обечайки на фланцевых соединениях монтируется 28 блоков ТЭН каждый из которых состоит из 9 ТЭН.

ИПУ: всего 3 ИПУ (2 рабочих, 1 контрольный). В случае отказа электрической схемы ИПУ работают как обычный пружинный

СКД: назначение и основные характеристики

- ББ – предназначен для приёма и конденсации:
- - протечек пара через ПК ИПУ КД при их неплотности с расходом до 250 л/час
- - паровоздушной смеси, поступающей в КД в режиме перехода с азотной подушки на паровую и при продувке его парового объёма
- - пара, срабатывающего через ПК КД при их проверке или срабатывании с расходом не более 150кг/сек (в течении 9 сек при давлении в коллекторе 20-115 кгс/см²)

СППр: назначение, состав, работа



СППр: назначение, состав, работа

- Назначение:
- заполнение или дозаполнение 1 контура раствором борной кислоты
- поддержание материального баланса теплоносителя
- компенсация медленных изменений реактивности за счет выгорания и отравления топлива, а также при пусках, остановах и при изменении нагрузки реактора
- дегазация и возврат орг. протечек теплоносителя
- корректировка ВХР в соответствии с требуемыми нормами
- гидроиспытания 1 контура
- подачи запирающей воды на уплотнения ГЦН
- расхолаживание КД при отключенных ГЦН
- первоначальное заполнение гидроёмкостей САОЗ

СППр: назначение, состав, работа

- Состав: СППр состоит из следующих функциональных групп:
- – дегазация и деаэрация теплоносителя
- – подпиточных агрегатов
- – магистралей подпитки и подачи запирающей воды на уплотнения ГЦН; слива запирающей воды с уплотнений ГЦН
- – вывода теплоносителя из контура
- – подачи дистиллята

Режимы работы:

- нормальный режим($G_{\text{пр}}$ до 30-35 м³/час, $t_{\text{пр}} = 290^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{пр}} = 163\text{кгс/см}^2$)
- режим вывода и ввода бора($G_{\text{пр}}$ до 50-60 м³/час, $t_{\text{пр}} = 180\div 290^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{пр}} = 30\div 163\text{кгс/см}^2$)
- режим разогрева и расхолаживания($G_{\text{пр}}$ до 30-35 м³/час, $t_{\text{пр}} = 40\div 290^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{пр}} = 1\div 163\text{кгс/см}^2$)

Системы безопасности

- Системы безопасности предназначены для предупреждения аварий и ограничения их последствий. Различают защитные, локализирующие, управляющие и обеспечивающие системы безопасности.
- Системы безопасности должны включаться автоматически при возникновении аварийных ситуаций, требующих их действия.
- Срабатывание защитных систем безопасности не должно приводить к повреждению оборудования систем нормальной эксплуатации.
- При проектировании систем безопасности должна быть обеспечена их надежность.

Принципы обеспечения надежности систем безопасности

- Основные принципы (способы) обеспечения надежности систем безопасности:
- Использование пассивного принципа действия (*пассивная система, элемент – это система, элемент, функционирование которой (го) связано только с вызвавшим ее (его) работу событием и не зависит от работы другой активной системы*)
- Резервирование (*канальная структура*)
- Разделение (*структурно-функциональное и физическое*)
- Разнообразие
- Повышение безотказности элементов систем безопасности
- Организационно-технические меры (*контроль за состоянием системы и восстановление ее работоспособности, анализ опыта эксплуатации*)

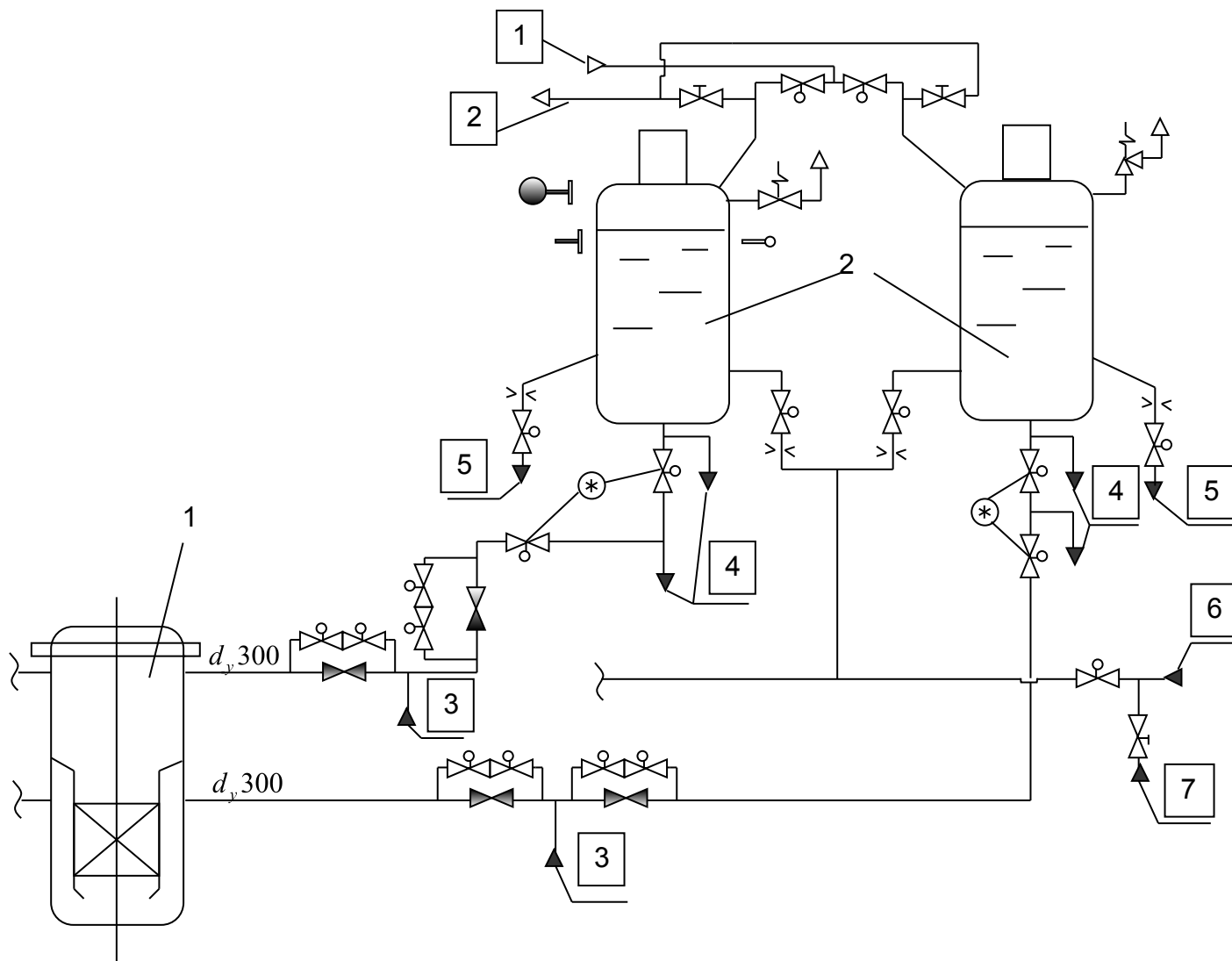
САОЗ

- Системы аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ) реакторов ВВЭР предназначены для предотвращения повреждения твэлов и расплавления топлива во всех авариях с потерей теплоносителя вплоть до МПА. САОЗ должна обеспечивать при разгерметизации первого контура (максимальный проектный предел повреждения твэлов):
- температуру оболочек твэлов не более 1200 С;
- локальную глубину окисления оболочек твэлов не более 18 % первоначальной толщины стенки;
- долю прореагировавшего циркония не более 1 % его массы и активной зоне.
- При этом должна быть обеспечена сохранность геометрии активной зоны в возможность выгрузки активной зоны после МПА с разгерметизацией первого контура.
- САОЗ должна удовлетворять следующим требованиям:
- частично или полностью компенсировать утечку теплоносителя из активной зоны в начальный момент аварии;
- обеспечивать отвод остаточного тепловыделения в активной зоне после остановки реактора;
- иметь двух- или трехкратное резервирование для повышения надежности;
- иметь надежное электропитание для приводов насосов.

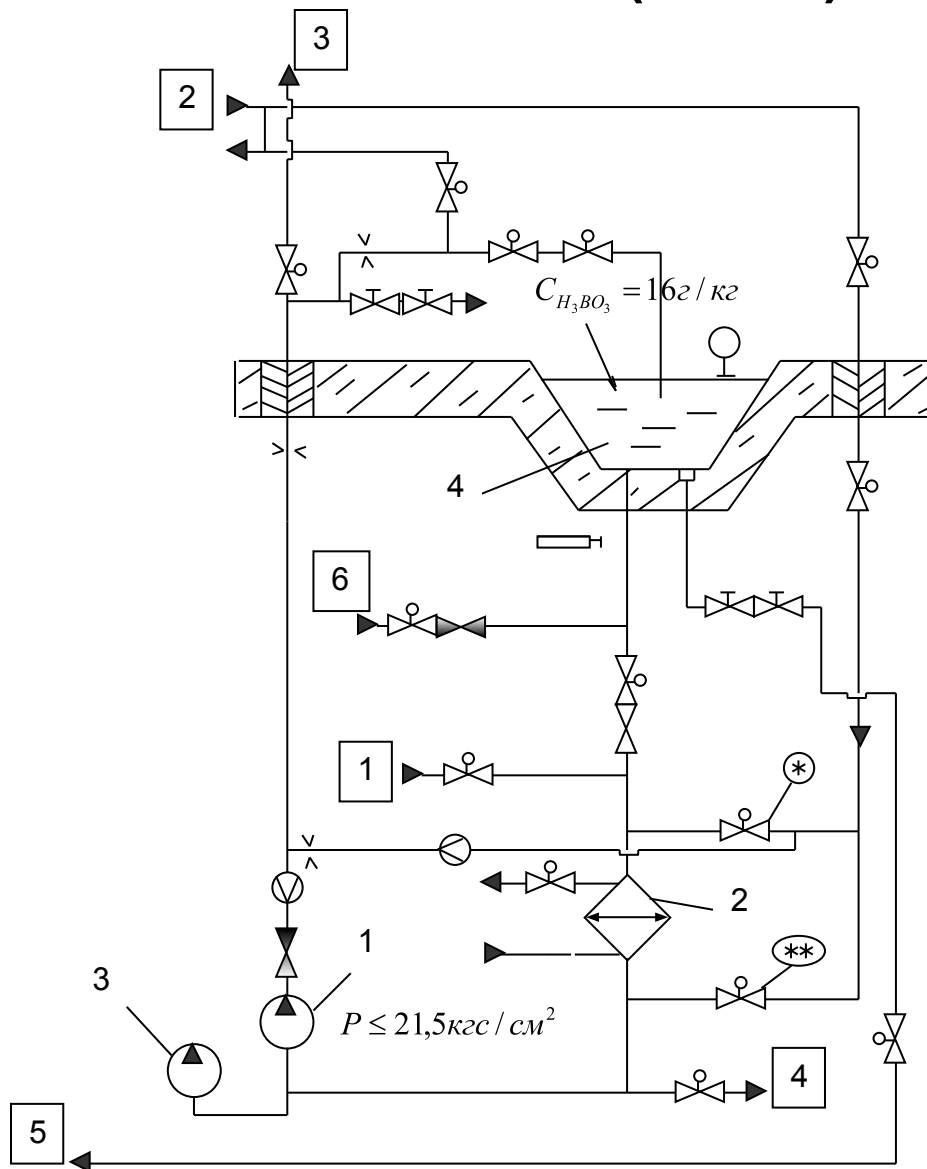
CAO3

- Состав системы:
- Система пассивного охлаждения АЗ, состоящая в свою очередь из 4 ГАЕ с уровнем $6500 \pm 100 \text{ мм}$
- $M_{\text{раб}} = 50^3 * 4$ $P_{\text{раб.}} = 55 \div 60 \text{ кгс/см}^2$ $t_{\text{раб.}} = 20 \div 60^\circ \text{C}$
 - Бак прямок с борным раствором ($C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 12 \div 16 \text{ г/кг}$),
 - Баки запаса на всасе насоса ЦН 150-110 (насос аварийного впрыска бора),
 - $M = 15^3$ $C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \text{ г/кг}$
Баки запаса на всасе насоса ПТ 6-160 (насос аварийного впрыска бора высокого давления),
 - $M = 15^3$ $C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \text{ г/кг}$
Баки аварийного запаса обессоленной воды на всасе насоса НЭ 150-80,
 - $M \geq 450^3$
Бак запаса технической воды «гр. А», $M = 80^3$, расход $3000 \text{ м}^3/\text{час}$
 - Баки спринклерного раствора, $M = 6^3$
- Система аварийного и планового охлаждения АЗ (активная часть), состоящая из бака аварийного запаса бора, $M = 690^3$ $C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 16 \text{ г/кг}$
- и 3 комплектов насосов аварийного расхолаживания ЦНР 800-230 и Т/О аварийного расхолаживания

САОЗ (пассивная часть)



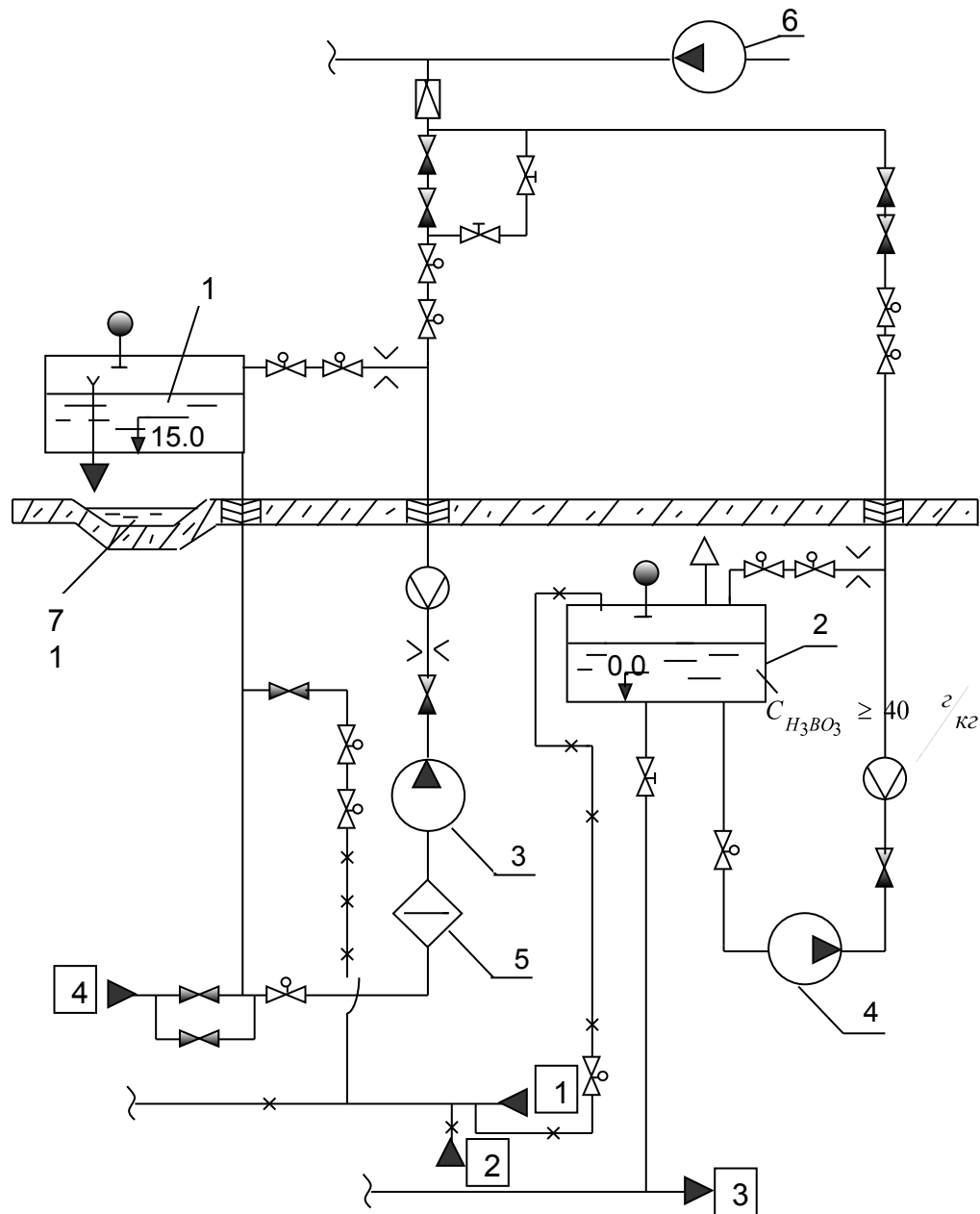
CAO3 (CAПP)



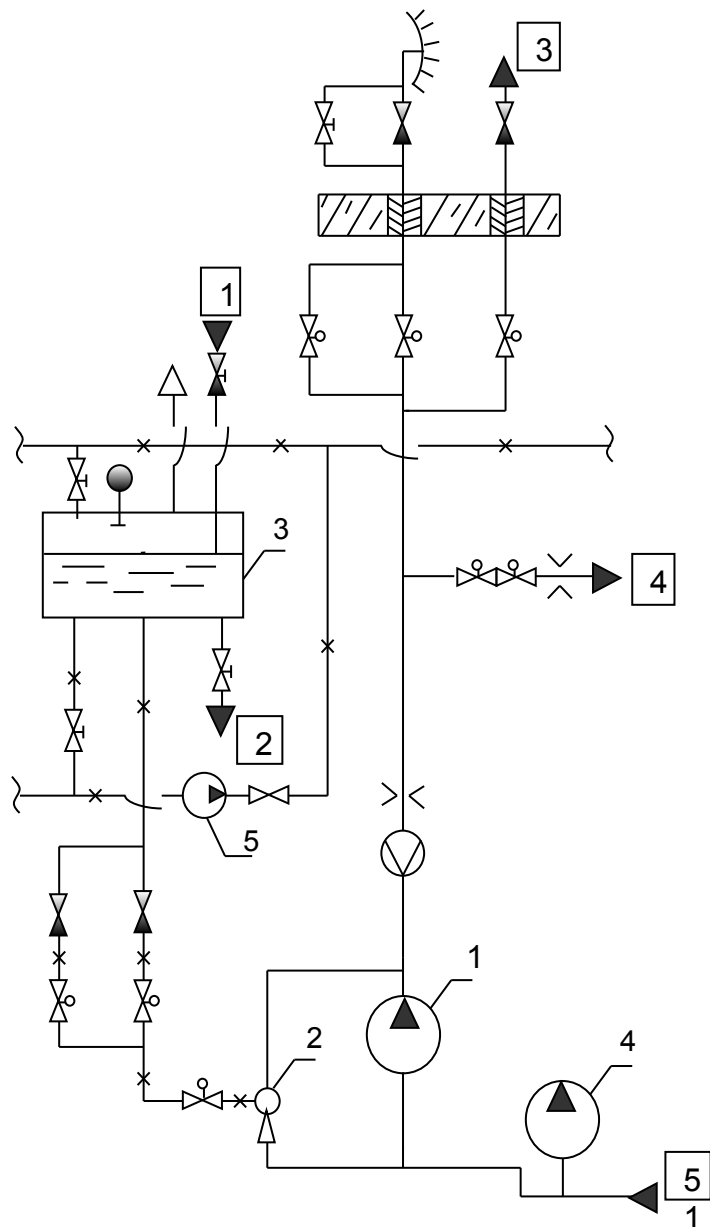
САВБ

- Назначение: для экстренного ввода раствора борной кислоты в реактор и подавления положительной реактивности, высвобождающейся при резком расхолаживании АЗ при разрыве трубопроводов «малого диаметра» ($Dy \leq 100 \text{ мм}$)
- Состав: состоит из двух подсистем (низкого и высокого давления) и трёх параллельных идентичных каналов

САВБ



Спринклерная система



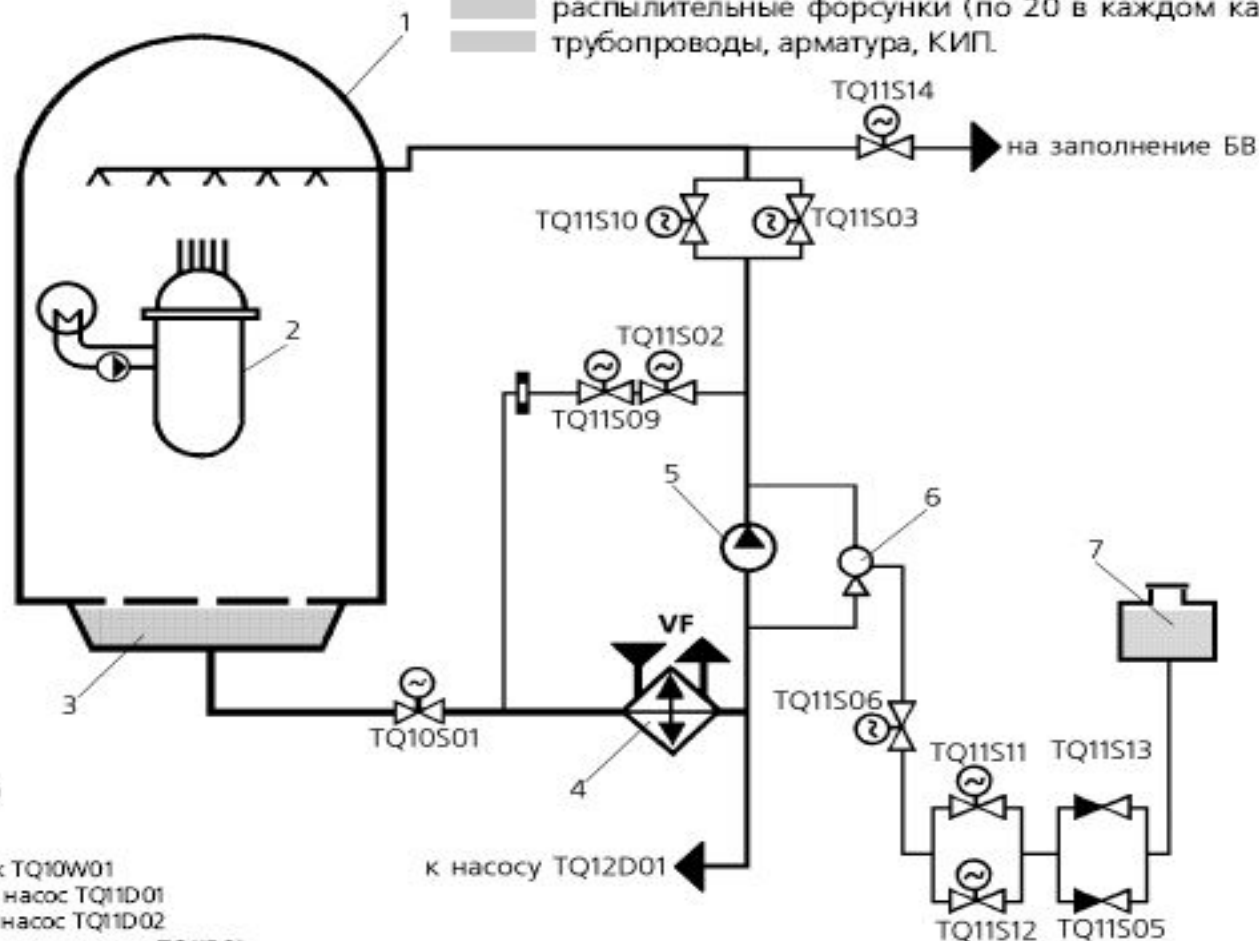
- Назначение: подача
спринклерного раствора
в гермооболочку при
авариях с разрывом Iк
для
- $\downarrow P$ в гермооболочке
- связывания
радиоактивных
аэрозолей
- Состав: состоит из трёх
параллельных
идентичных каналов

СПРИНКЛЕРНАЯ СИСТЕМА

Упрощенная схема
спринклерной системы
(на примере канала TQ11)

Спринклерная система состоит из трех независимых одинаковых по конструкции подсистем, каждая из которых способна выполнять функции, возлагаемые на всю систему в целом. В состав каждой подсистемы входят:

- спринклерный насос TQ11(21,31)D01;
- бак спринклерного раствора TQ11(21,31)B01;
- водоструйный насос TQ11(21,31)D02;
- распылительные форсунки (по 20 в каждом канале);
- трубопроводы, арматура, КИП.



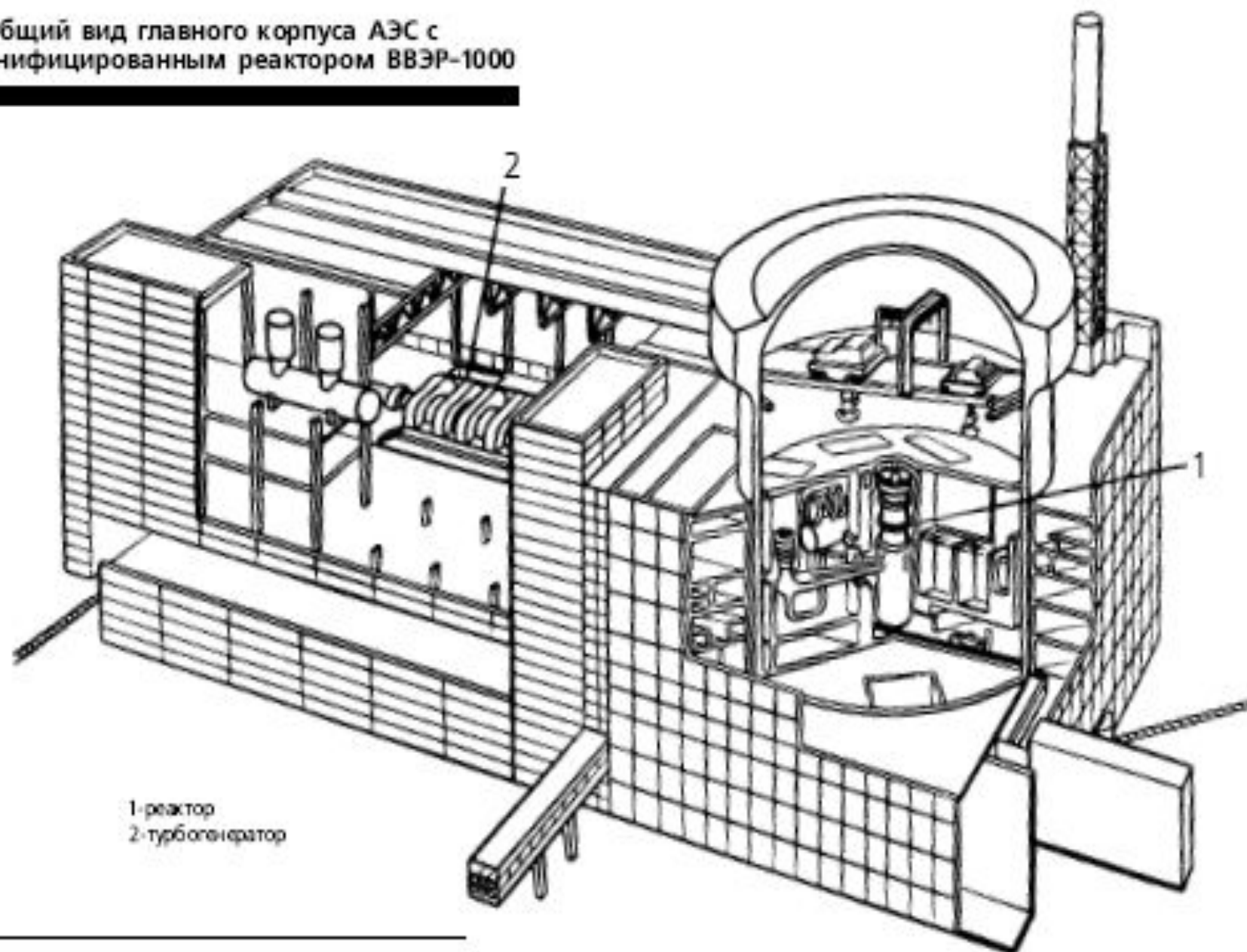
- 1-гермооболочка
- 2-й-контур
- 3-бак ГА-201
- 4-теплообменник TQ10W01
- 5-спринклерный насос TQ11D01
- 6-водоструйный насос TQ11D02
- 7-бак спринклерного раствора TQ11B01

СПРИНКЛЕРНАЯ СИСТЕМА: РАБОТА

СЛА

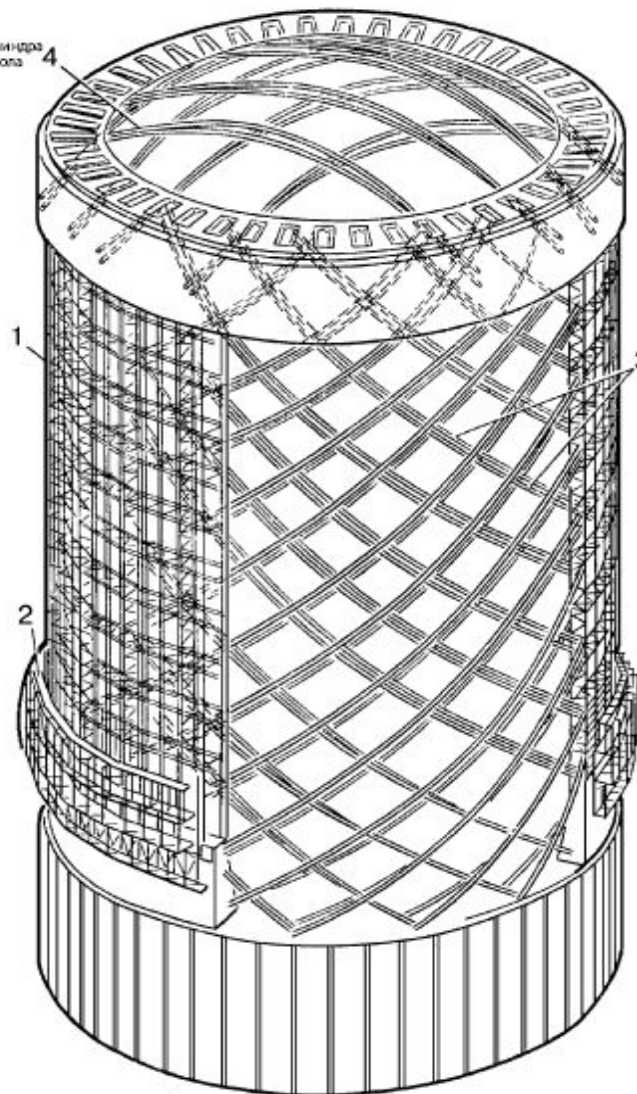
- Радиоактивные вещества образуются в топливе в результате реакции деления и в первом контуре при активации теплоносителя, примесей в нем и продуктов коррозии. На пути распространения продуктов деления при их потенциально возможном выходе из топливной матрицы в окружающую среду предусматриваются следующие барьеры:
 - топливная матрица
 - оболочка тепловыделяющего элемента
 - герметичная граница контура теплоносителя
 - защитная оболочка (контейнмент).
- В аварийных ситуациях с течью теплоносителя первого контура исключительно важную роль играет защитная оболочка, которая является локализирующей системой безопасности (СЛА).
- СЛА предназначена для ограничения до безопасных пределов выбросов в окружающую среду радиоактивных веществ и ионизирующих излучений, вышедших в процессе аварии за пределы содержащих эти вещества технологических систем.

Общий вид главного корпуса АЭС с
унифицированным реактором ВВЭР-1000



СЛА

- 1-армокаркас
- 2-опалубка
- 3-полиэтиленовый каналообразователь цилиндра
- 4-полиэтиленовый каналообразователь купола



СЛА

- реакторная установка, в состав которой входят реактор, парогенераторы, главные циркуляционные насосы, компенсатор давления, емкости системы аварийного охлаждения активной зоны и трубопроводы связи;
- система неохлаждаемой байпасной очистки теплоносителя 1 контура (СВО-1), состоящая из высокотемпературных мехфильтров и трубопроводов;
- система продувки-подпитки 1 контура, включающая регенеративный т/о продувки, доохладитель продувки и трубопроводы;
- система организованных протечек первого контура - охладитель протечек и трубопроводы;
- бассейн выдержки для хранения отработанного топлива.

СЛА

- Защитная герметичная оболочка представляет собой герметичную часть здания реакторного отделения и имеет форму цилиндра наружным диаметром ~48 м с плоским полом на отметке +13.2м и сферическим куполом с верхней его отметкой +65.55м. Общий объем ГО ~65000 м³.
- Гермооболочка оборудована системой предварительного напряжения, включающей 132 стальных каната: 96 – в цилиндрической стене, 36 – в куполе.
- Гермооболочка служит для защиты оборудования первого контура от внешних воздействий, выполняет функции биологической защиты и несущие функции при возникновении аварий. Она рассчитана на максимальную проектную аварию вместе с возможным наложением динамических нагрузок при расчетном землетрясении 9 баллов.
- Предварительное напряжение обеспечивает прочность оболочки при давлении под ней 0.5 МПа (5 ата). Утечка из ГО при этом не более 0.25% от объема ГО в сутки.
- При работе энергоблока в гермооболочке поддерживается разрежение 20 мм вод. ст.