

ОБРАБОТКА ВОДЫ НА АЭС

ЛЕКЦИЯ №8

Тайлашева Татьяна Сергеевна
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

ТЕМА 5. СПЕЦВОДОЧИСТКА

2

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

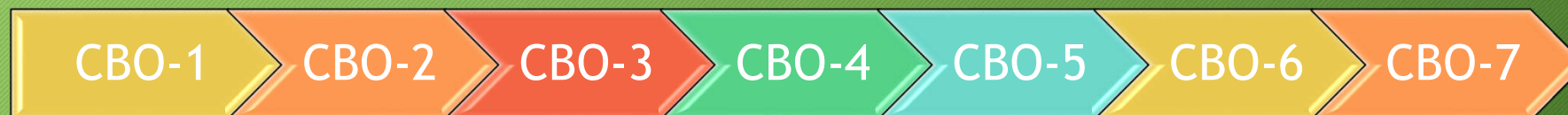
3

Спецводоочистки (СВО) - установки для обработки радиоактивных вод и концентрирования жидких радиоактивных отходов перед их захоронением.

В зависимости от характеристик контурных и внеконтурных вод АЭС для их обработки используют различные установки, которым принято присваивать номера.



Установки спецводоочистки, применяемые на АЭС с реактором ВВЭР-1000



НАЗНАЧЕНИЕ СВО

4

СВО-1	Очистка продувочной воды теплоносителя I контура от продуктов коррозии в дисперсной форме
СВО-2	Очистка организованных протечек и продувочной воды I контура от химических и радиоактивных загрязнений в период нормальной эксплуатации реактора; очистка теплоносителя при всех операциях, связанных с изменением концентрации борной кислоты в I контуре, газоудаления, при разогреве I контура во время пуска, при опорожнении петель или контура в период ремонта
СВО-3	Очистка трапных вод: неорганизованные протечки I контура, неорганизованные протечки из системы технического водоснабжения спецкорпуса и реакторных отделений; воды дезактивации; регенерационные воды СВО; возвратные воды из промежуточного узла хранения жидких радиоактивных отходов; воды с радиоактивностью выше предельно допустимой из контрольных баков дистиллята СВО-3; СВО-6 и СВО-7
СВО-4	Очистка воды бассейнов выдержки отработанного топлива, воды баков аварийного запаса раствора борной кислоты, баков сливов бассейнов перегрузки
СВО-5	Очистка продувочной воды парогенераторов
СВО-6	Очистка боросодержащих вод с одновременной регенерацией борной кислоты
СВО-7	Очистка вод спецпрачечной

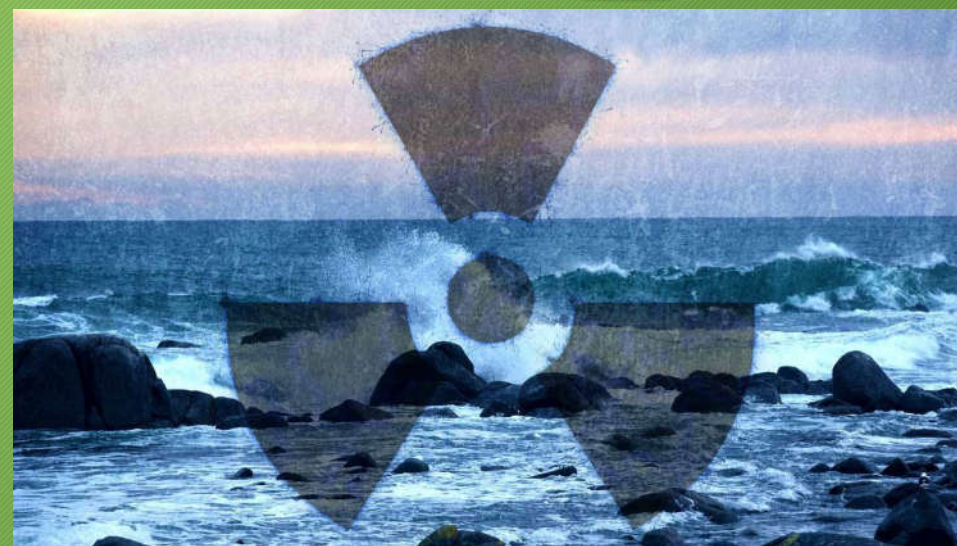
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УСТАНОВОК

5

	ВВЭР-440	ВВЭР-1000
СВО-1	30*	60*
СВО-2	30*	30*
СВО-3	_***	_***
СВО-4	30**	30-40**
СВО-5	15*	30*
СВО-6	3****	3****
СВО-7	_***	_***

Примечания:

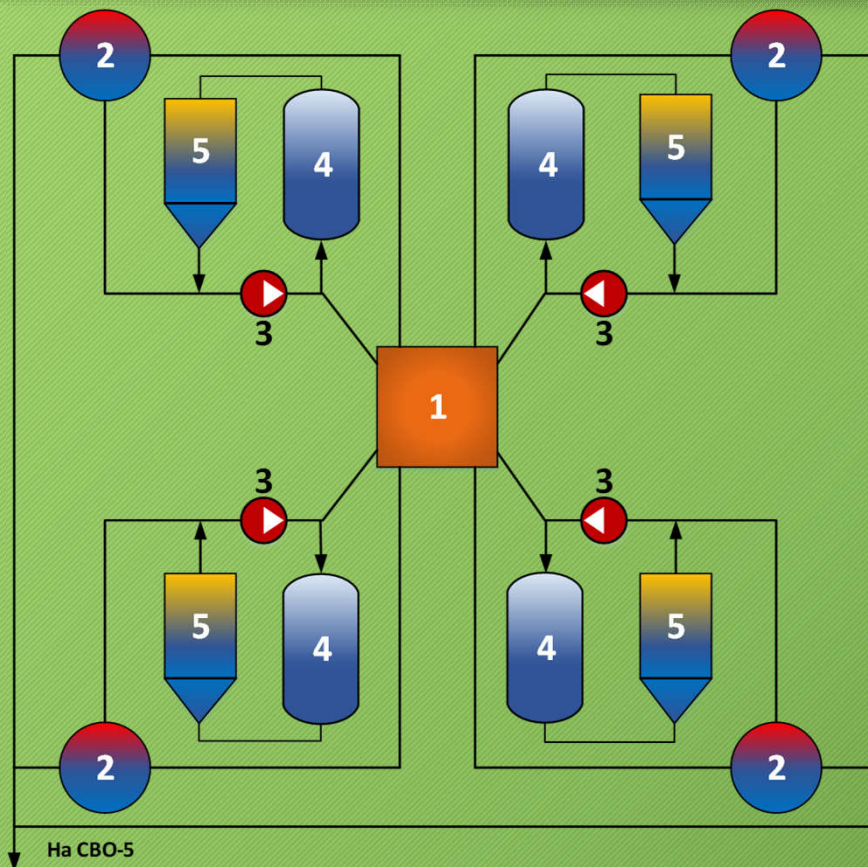
* – на 1 блок; ** – на 2 блока; *** – общестанционные СВО, производительность зависит от числа блоков; **** – по борному концентрату



Часть системы СВО относится к реакторному отделению (СВО-1, СВО-2), а часть к установкам спецкорпусов.

СВО-1

6



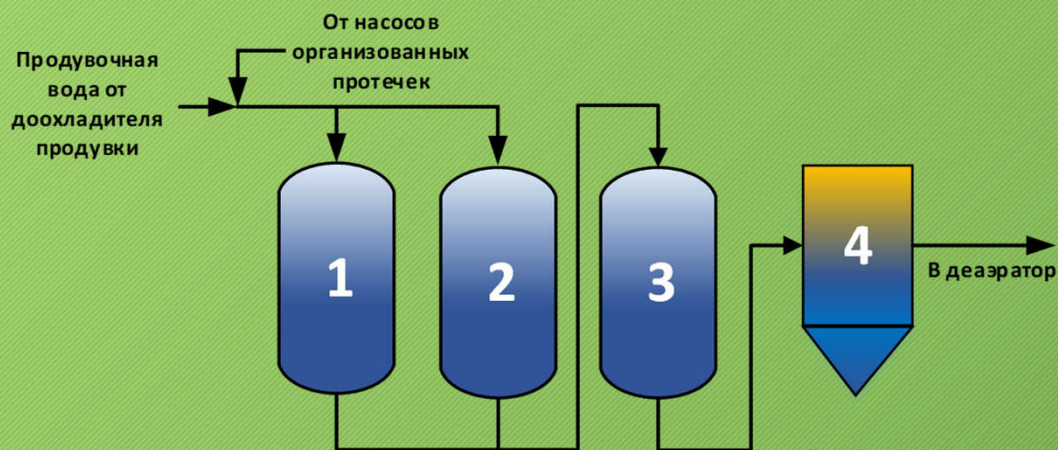
Четыре механических высокотемпературных фильтра производительностью по 100 м³/ч, диаметром 1000 мм, загружены высокотемпературным сорбентом (крошка из нержавеющей стали, гранулированный диоксид титана). Работают при температуре и давлении контура. Фильтры установлены на байпасе каждого ГЦН.

Очищаемая вода проходит через фильтры под действием перепада давления, создаваемого ГЦН.

- 1 – реактор;
- 2 – парогенератор;
- 3 – главный циркуляционный насос (ГЦН);
- 4 – фильтр механический высокотемпературный;
- 5 – ловушка зернистых материалов

СВО-2

7



- 1 – H^+ -катионитовый фильтр;
- 2 – $K+NH_4^+$ - катионитовый фильтр;
- 3 – BO_3^{3-} -анионитный фильтр;
- 4 – фильтр-ловушка зернистых материалов.

В нормальном эксплуатационном режиме и в режиме борного регулирования в работе находятся фильтры: $K+NH_4^+$ и BO_3^{3-} .

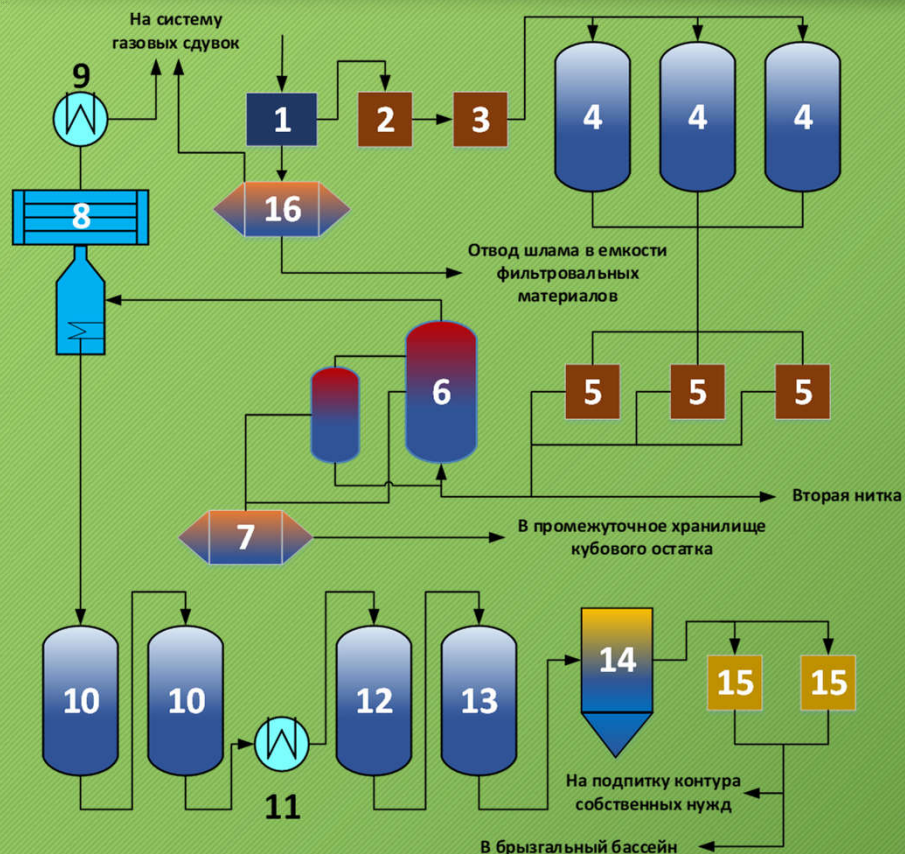
При этом величина продувки установки составляет 20...30 т/ч. При необходимости она может быть увеличена подключением параллельной нитки фильтров. Очищенные протечки возвращают в контур через деаэратор подпитки. Если необходимо снизить концентрацию щелочных соединений, в работу включают H^+ и BO_3^{3-} фильтры, на которых теплоноситель, очищенный от примесей аммиака, калия и продуктов радиоактивных загрязнений, сбрасывается в баки борсодержащей воды.

По мере истощения обменной емкости фильтры регенерируют раствором азотной кислоты и едкого калия, поступающими из спецкорпуса.

При необходимости замены ионитов производят гидровыгрузку в емкости хранилища жидких отходов, расположенные в спецкорпусе.

СВО-3

8

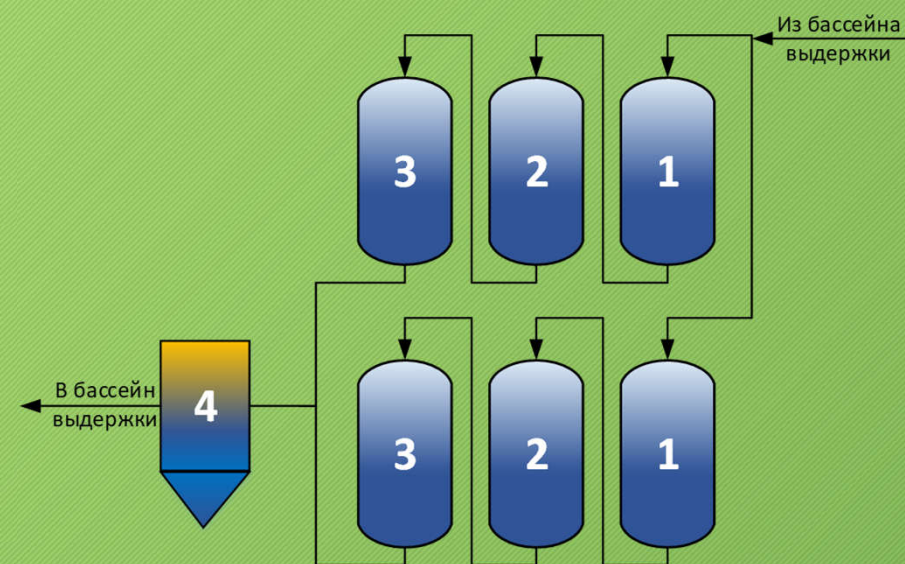


- 1 – бак спецанализации;
- 2 – бак-отстойник;
- 3 – бак декантата;
- 4 – фильтр механический;
- 5 – бак трапных вод;
- 6 – выпарной аппарат;
- 7 – монжюс кубового остатка;
- 8 – конденсатор-дегазатор;
- 9 – охладитель сдувок выпарной установки;
- 10 – механический фильтр;
- 11 – охладитель дистиллята;
- 12 – H^+ -катионитовый фильтр;
- 13 – OH^- -анионитный фильтр;
- 14 – фильтр-ловушка ионитов;
- 15 – контрольный бак;
- 16 – монжюс для удаления шлама

Максимальное солесодержание поступающих вод до 10 г/дм^3 (в среднем 5 г/дм^3), поэтому для их очистки применяют метод дистилляции.

Принцип действия системы основан на использовании процессов упаривания, конденсации, дегазации, механической фильтрации и ионного обмена, совокупность которых обеспечивает возможность очистки вод от коллоидных примесей, минеральных масел, минеральных солей в сочетании с минимально возможным объемом кубового остатка.

В результате переработки трапных вод получают дистиллят и высокоактивный концентрат (кубовый остаток, направляемый в промежуточный узел хранения). Трапные воды каждого блока направляют непосредственно в отстойник трапных вод. Эта емкость используется как промежуточная для отделения грубодисперсных примесей. Из отстойника осветленные трапные воды направляют в бак деконтата и насосами перекачивают в баки осветленных трапных вод после предварительной очистки на механических фильтрах.



- 1 – механический фильтр;
- 2 – H^+ - катионитовый фильтр;
- 3 – VO_3^{3-} - анионитный фильтр;
- 4 – фильтр-ловушка ионитов.

Необходимость очистки бассейнов выдержки отработанного топлива обуславливается требованием обеспечения достаточной прозрачности воды в бассейне при транспортно-технологических операциях. Прозрачность воды в бассейне должна составлять 95%, что обычно обеспечивается содержанием в ней продуктов коррозии $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

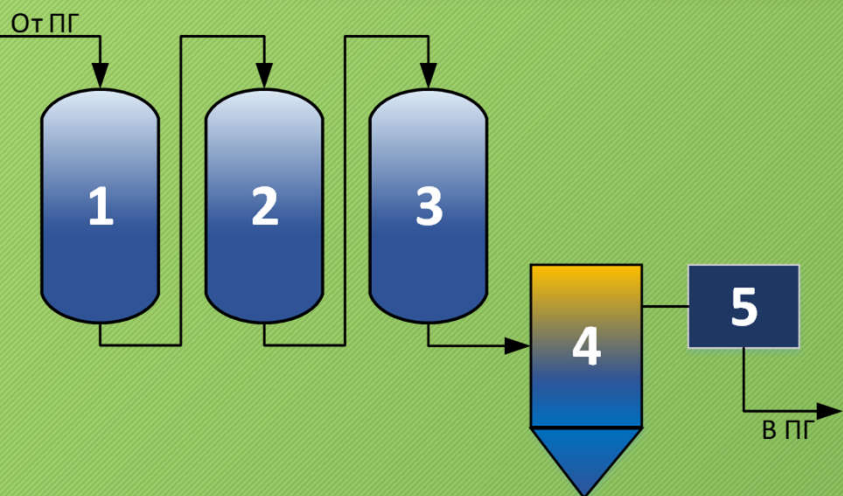
В связи с этим при определении производительности установки исходят из условия поддержания заданной концентрации продуктов коррозии. Продувка бассейна выдержки одного энергоблока составляет в среднем 7 т/ч.

Гидровыгрузку фильтрующих материалов осуществляют с помощью гидропневмотранспорта в емкость фильтрующих материалов промежуточного узла.

В системе предусматривается одна рабочая установка производительностью 40 м³/ч на четыре блока АЭС и одна резервная. Установка работает периодически с каждым блоком станции.

СВО-5

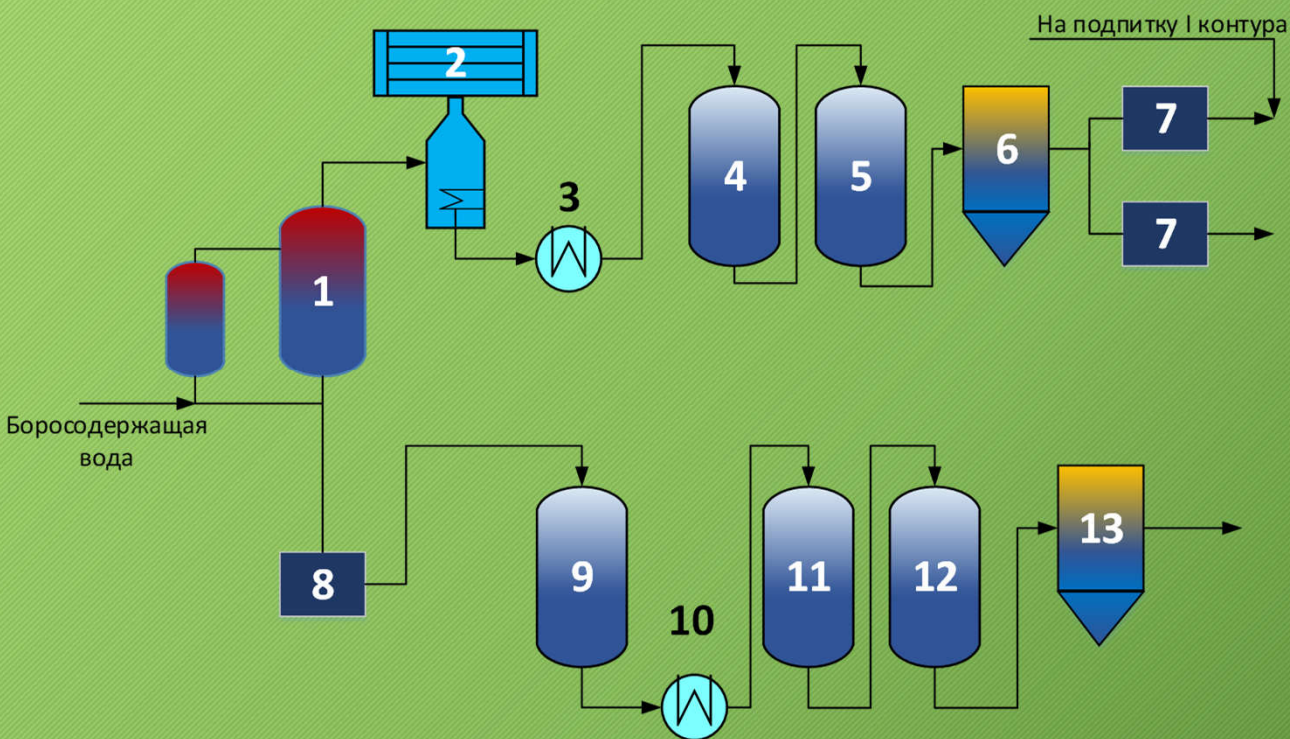
11



- 1 – механический фильтр;
- 2 – H^+ - катионитовый фильтр;
- 3 – OH^- - анионитный фильтр;
- 4 – фильтр-ловушка зернистых материалов;
- 5 – бак очищенной воды

Непрерывная и периодическая продувка осуществляется с целью поддержания качества воды парогенератора в пределах нормируемых показателей. Очищенная продувочная вода возвращается на подпитку II контура. Показателями качества продувочной воды, лимитирующими величину продувки, являются активность, содержание хлоридов и кремнекислоты. Очистку продувочной воды парогенераторов производят механическими и ионообменными фильтрами. Охлажденная продувочная вода поступает на механический фильтр, загруженный сильнокислотным катионитом КУ-2-8, а затем подвергается обессоливанию последовательно на катионитном и анионитном фильтрах. Очищенную от дисперсных и ионных примесей воду через ловушку зернистых материалов направляют в баки очищенной воды и затем насосами в машинный зал.

Предусматривается возможность регенерации фильтров. Гидровыгрузку фильтров производят в емкости промежуточного узла жидких отходов. На каждый блок предусмотрено по одной рабочей установке. Резервная установка принимается общестанционной (одна на четыре блока АЭС). Непрерывная продувка парогенераторов составляет $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. С учетом периодической продувки производительность установки составит $50 \text{ т}/\text{ч}$.



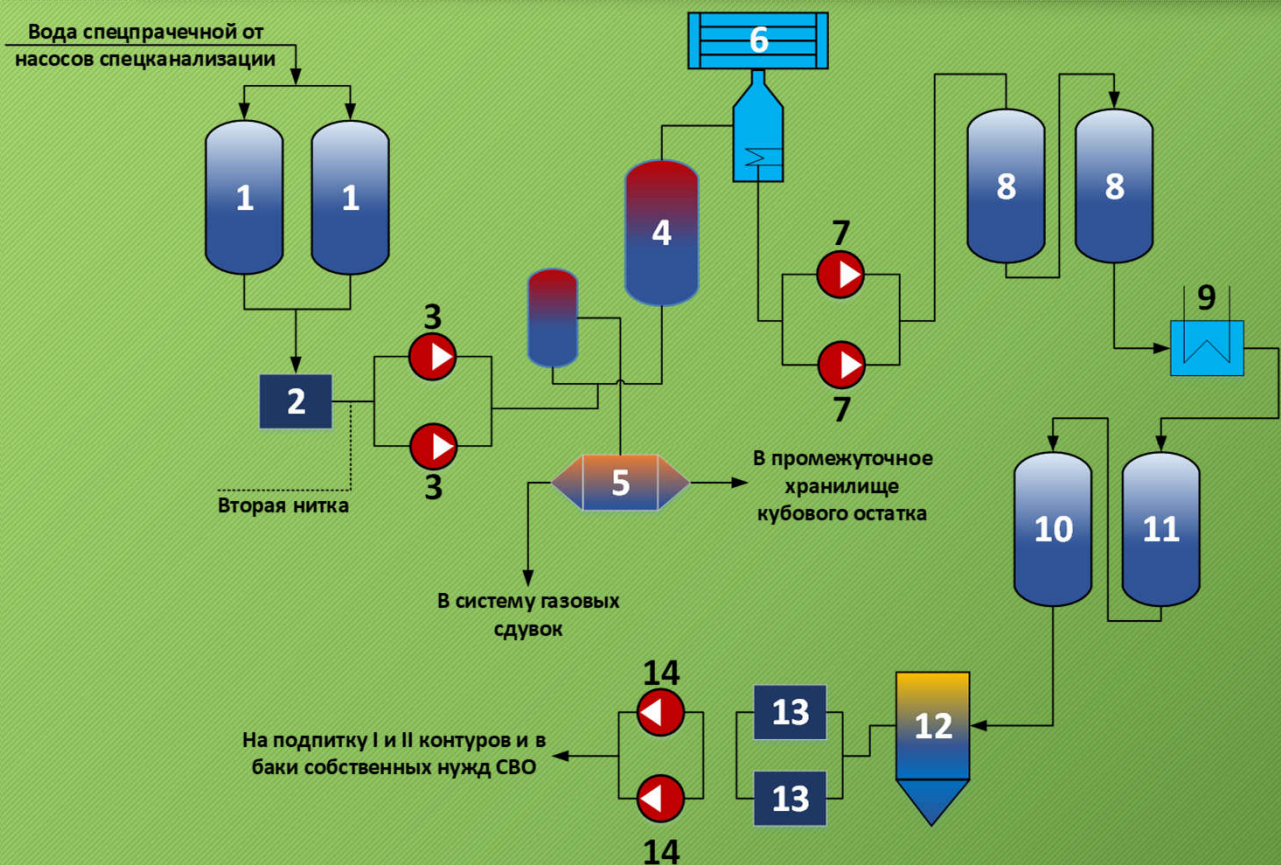
- 1 - выпарной аппарат;
- 2 - конденсатор-дегазатор;
- 3 - охладитель дистиллята;
- 4 - H^+ - катионитовый фильтр доочистки дистиллята;
- 5 - OH^- - анионитный фильтр;
- 6 - фильтр-ловушка зернистых материалов;
- 7 - контрольные баки дистиллята;
- 8 - бак «грязного» концентрата;
- 9 - механический фильтр доочистки борного концентрата;
- 10 - охладитель борного концентрата;
- 11 - H^+ - катионитовый фильтр доочистки борного концентрата;
- 12 - BO_3^{3-} -анионитный фильтр;
- 13 - фильтр-ловушка зернистых материалов

Принцип действия системы основан на использовании процессов выпаривания, конденсации, дегазации, механической фильтрации и ионного обмена. В результате переработки боросодержащей воды получается дистиллят и очищенный борный концентрат, возвращаемые в технологический цикл АЭС.

Производительность установки СВО-6 составляет 7 т/ч по дистилляту.

При катионировании борного концентрата, в случае истощения H^+ -катионита и перехода его в $K+NH_4^+$ - форму, предусмотрена регенерация азотной кислотой, поскольку BO_3^{3-} -анионит при очистке нейтральной и слабощелочной воды имеет очень низкую обменную емкость и не обеспечивает полного предотвращения попадания в фильтрат нежелательных анионных примесей, в частности хлоридов. Регенерацию анионитного фильтра производят реже, чем катионитного, при повышении содержания в фильтрате хлоридов при подаче на фильтр кислой воды. Регенерацию анионита производят раствором химически чистого едкого калия. Переход в BO_3^{3-} -форму происходит автоматически после включения фильтра в работу. Дистиллят контрольных баков направляют только на подпитку I контура.

С целью снижения остаточного содержания органических примесей в борном концентрате в выпарной аппарат непрерывно подают перманганат калия в виде 1...5%-го раствора.



- 1 – фильтр предочистки;
- 2 – приемный бак;
- 3 – насос вод спецприямка;
- 4 – выпарный аппарат;
- 5 – монжюс;
- 6 – конденсатор-дегазатор;
- 7 – насос дегазированной воды;
- 8 – механический фильтр доочистки дистиллята;
- 9 – охладитель дистиллята;
- 10 – H^+ -катионитный фильтр;
- 11 – OH^- -анионитный фильтр;
- 12 – фильтр-ловушка зернистых материалов;
- 13 – контрольные баки;
- 14 – насос контрольных баков

На установке происходит также очистка душевых вод из баков дозиметрического контроля в случае неблагоприятных радиационных показателей. Очистку вышеперечисленных вод производят с целью повторного их использования для подпитки I и II контуров. Поскольку исходные воды, поступающие на СВО-7, содержат большое количество неорганических и органических примесей (поверхностно-активные вещества и т. п.), применение ионного обмена в данном случае нецелесообразно из-за необходимости частой регенерации ионообменных смол, увеличения количества регенерационных вод, небольшого срока службы ионообменных смол и, следовательно, увеличения количества радиоактивных отходов, направляемых на захоронение. В связи с этим основным технологическим процессом на установке СВО-7 является дистилляция. В установке использованы также процессы механической фильтрации, конденсации, дегазации и ионного обмена. В результате переработки получают дистиллят и упаренный концентрат, который сбрасывается в емкости кубового остатка.

Воды, поступающие на переработку, собираются в приемный бак и, пройдя предварительную очистку на механических фильтрах, направляются насосами на выпарную установку. В качестве фильтрующей загрузки используют сульфоуголь, по мере загрязнения которого производят смену загрузки.

Для исключения пенообразования в выпарной аппарат периодически вводят пеногаситель.

Производительность установки определяется количеством душевых вод и стоков от спецпрачечных. Она обеспечивается наличием двух выпарных аппаратов по 6 м³/ч, один из которых резервный.