

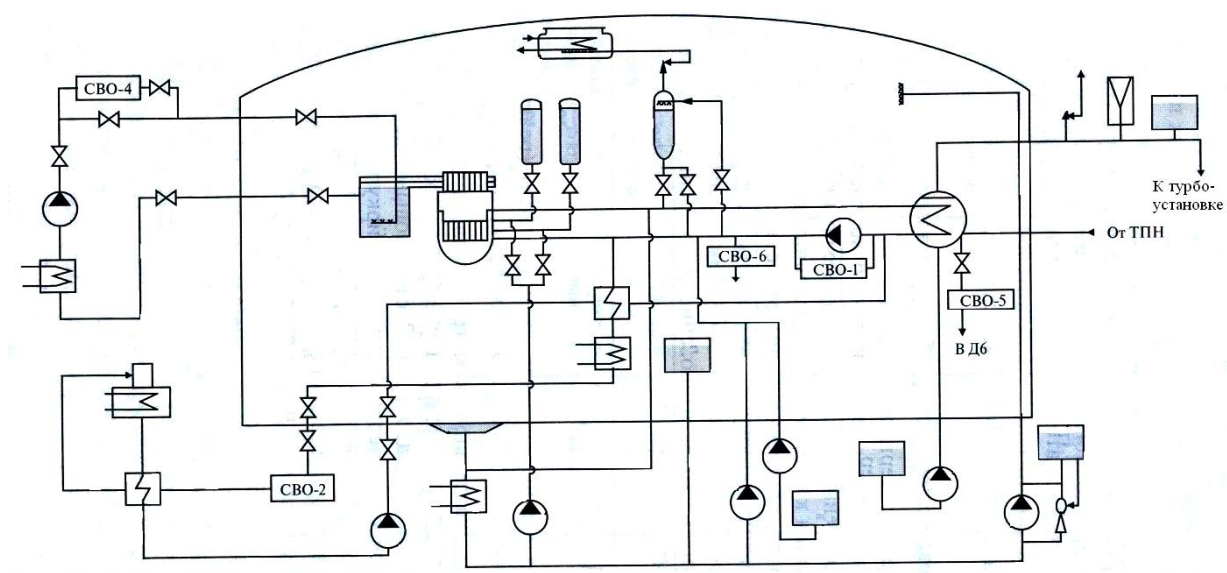
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.М. Акимов, Е.А. Магдыч, С.А. Котельникова

СИСТЕМЫ ХИМВОДООЧИСТКИ И СПЕЦВОДООЧИСТКИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Монография



Севастополь
СевГУ
2022

УДК 628.34:621.311.25

ББК 38.761.204я73

A391

Р е ц е н з е н т ы:

С.А. Качур – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры
«Системы контроля и управления атомных станций» СевГУ

А.В. Исаев – канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник
НИЛ № 2 ЧВВМУ им. П.С. Нахимова

Акимов Александр Михайлович

A391 Системы химводоочистки и спецводоочистки атомных электрических станций: монография / А.М. Акимов, Е.А. Магдыч, С.А. Котельникова; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 144 с.: ил. – Текст: электронный. – ISBN 978-5-6043402-2-6.

ISBN 978-5-6043402-2-6

Изложены основы устройств и оборудования систем химводоочистки и спецводоочистки, технология обработки воды как рабочего тела АЭС, технология предварительной очистки радиоактивных вод. Рассмотрены вопросы технического обслуживания оборудования систем химического цеха в нормальных условиях эксплуатации и в аномальных режимах.

Предназначено для подготовки студентов технических учебных заведений, изучающих основы технологии водоподготовки и обращения с радиоактивными отходами, а также для инженерно-технических работников АЭС.

УДК 628.34:621.311.25

ББК 38.761.204я73

Рассмотрена и рекомендована к изданию на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 1 от 14 сентября 2021 г.

Изд. № 215/2021. Объем 9 п.л. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 8,82.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Акимов А.М., Магдыч Е.А.,
Котельникова С.А., 2022

ISBN 978-5-6043402-2-6

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Сокращения, используемые в монографии	4
Введение	7
Раздел 1. Методы очистки вод на АЭС	11
1.1 Применение воды в промышленности и примеси, содержащиеся в воде	11
1.2 Предочистка сырой воды	12
1.3 Обессоливание осветленной воды	15
Раздел 2. Система предварительной очистки природной воды	19
Раздел 3. Система обессоливания добавочной воды	33
Раздел 4. Блочная обессоливающая установка	49
4.1 Назначение, состав и устройство обессоливающей установки	49
4.2 Характеристика оборудования БОУ и его конструкция	52
4.3 Контрольно-измерительные приборы и устройства блочной обессоливающей установки	53
4.4 Технология очистки конденсата на БОУ	54
4.5 Техническое обслуживание БОУ. Общие положения.	59
4.6 Обслуживание БОУ в аварийном режиме. Общие положения	70
Раздел 5. Системы спецводоочистки	77
5.1 Классификация и месторасположение установок спецводоочистки (СВО)	77
5.2 Установка СВО-1	79
5.3 Установка СВО-2	88
5.4 Установка СВО-3	93
5.5 Установка СВО-4	121
5.6 Установка СВО-5	130
5.7 Установка СВО-6	133
5.8 Установка СВО-7	135
Список использованной литературы	143

СОКРАЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОНОГРАФИИ

АР – автоматический регулятор;
АСУ – автоматическая система управления;
АХК – автохимконтроль;
АУ – автоматическое управление;
АФ – анионитовый фильтр;
АЭС – атомная электрическая станция;
ББЗ – бак биологической защиты;
БДВ – бак дренажных вод;
БКВ – бак коагулированной воды;
БН – бак – нейтрализатор;
БМК – бак – мерник кислоты;
БМЩ – бак – мерник щелочи;
БОВ – бак отмывочных вод;
БОМ – бак сбора отмывочных вод механических фильтров системы предочистки;
БОУ – блочная обессоливающая установка;
БРК – бак радиационного контроля на ХВО;
БСШ – бак сбора шлама;
ВА – выпарной аппарат;
ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор;
ВДС – верхняя дренажная система фильтра;
ВРУ – верхнее распределительное устройство;
ГЦН – главный циркуляционный насос;
ДУ – дистанционное управление;
ДФС – дефлегматор сдувок;
ЕФМ – ёмкость фильтрующих материалов;
ЗВРУ – заполняющее верхнее распределительное устройство;
ЖРО – жидкие радиоактивные отходы;
КД – конденсатор – дегазатор;
КЭН-1 – конденсатный насос первой ступени;
КЭН-2 – конденсатный насос второй ступени;
КИП – контрольно-измерительные приборы;
КГП – конденсат греющего пара;

КФ – катионитовый фильтр;
ЛЗМ – ловушка зернистых материалов;
МЦУ – местный щит управления;
МФ – механический фильтр;
НДК – насос – дозатор кислоты;
НДЩ – насос – дозатор щелочи;
НИФ – намывной ионитовый фильтр;
НМФ – намывной механический фильтр;
НОВ – насос отмывочных вод;
НПВ – насос промывочных вод электромагнитного фильтра;
НДВ – насос перекачки дренажных вод;
НРУ – нижнее распределительное устройство;
ПАВ – поверхностно-активные вещества;
ПВД – подогреватель высокого давления;
ПВРУ – перепускное верхнее распределительное устройство;
ПНД – подогреватель низкого давления;
ПНРУ – перепускное нижнее распределительное устройство;
ППР – планово-предупредительный ремонт;
ПТЭ – правила технической эксплуатации электрических станций и сетей;
РБГ – радиоактивные благородные газы;
РРК – регенерационный раствор кислоты;
РРЩ – регенерационный раствор щелочи;
РВРУ – реагентное верхнее распределительное устройство;
РО – реакторное отделение;
РУ – регенерационная установка;
СВО – спецводоочистка;
СГО – спецгазоочистка;
СРУ – среднее распределительное устройство;
СУЗ – система управления и защиты;
ТВС – тепловыделяющая сборка;
ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент;
ТК – технологический канал;
ТНП – турбопитательный насос;
ТОД – теплообменник охлаждения дистиллята;
ФРА – фильтр – регенератор анионита;

ФРК – фильтр – регенератор катионита;

ФСД – фильтр смешанного действия;

ХВО – химводоочистка;

ХОВ – химообессоленная вода;

ХЖО – хранилище жидких радиоактивных отходов;

ША – щит автоматики;

ШУ – шламоуплотнитель;

ЩАП – щит автоматики и питания ЭМФ;

ЭМФ – электромагнитный фильтр;

ЭОТН – экстренное отключение тока намагничивания;

ЭК – электромагнитная катушка.

ВВЕДЕНИЕ

Основная часть эксплуатируемых и вводимых в эксплуатацию блоков АЭС представляют собой реакторы на тепловых нейтронах. Все они используют для превращения тепла в электроэнергию паротурбинный цикл на водяном паре.

В атомной энергетике Российской Федерации используются двухконтурные АЭС, в реакторах которых замедлителем и теплоносителем является обычная вода – H_2O . Для этих АЭС характерно относительно низкое давление пара (перед турбиной 60 – 70 кгс/см²) и отсутствие начального его перегрева.

Оптимальный водный режим АЭС должен проводиться, исходя из задач повышения их безопасности, надежности, готовности и увеличения длительности их межперегрузочного и межремонтного циклов.

Особенностью АЭС является работа оборудования контура в условиях ядерного излучения. Эти условия определяются содержанием в воде и паре радиоактивных веществ, загрязнение которыми происходит, с одной стороны, вследствие выхода продуктов деления урана при нарушении целостности оболочек тепловыделяющих элементов, а с другой – из-за активации примесей воды при прохождении их через активную зону реактора. Источниками этих примесей являются: коррозия конструкционных материалов, поступление примесей с подпиточной водой и химическими добавками.

Особенностью водного режима первого контура является отложение примесей воды на ТВЭЛах, что не только ухудшает теплоотвод и может вызвать термическое разрушение оболочек ТВЭЛов, то есть в конечном счете аварию, но и приводит к активации отложений. Последние в результате смыва разносятся водой и паром, ухудшая радиационную обстановку в производственных помещениях. Поэтому одной из важнейших задач водного режима АЭС наряду с обеспечением бесперебойной выработки электроэнергии является борьба с отложениями в активной зоне реактора.

Другой важной задачей водного режима, теснейшим образом связанной с первой, является снижение скорости коррозии всех конструкционных материалов основных и вспомогательных контуров АЭС. При этом допускаемая скорость коррозии определяется не столько сроком работы оборудования, сколько загрязнением воды продуктами коррозии, которые иногда являются основными примесями воды охлаждения основного контура циркуляции реактора. Допустимая интенсивность язвенной коррозии и особенно коррозионного растрескивания металла под напряжением определяются условиями обеспечения требуемого срока работы оборудования.

Особенностью водного режима АЭС является использование в качестве материалов основных контуров наряду с перлитными сталями аустенитных нержавеющей сталей, весьма стойких по отношению к общей коррозии, но подверженных коррозии под напряжением при наличии кислорода и хлоридов. В качестве материала технологических каналов и оболочек ТВЭЛов используются циркониевые сплавы, весьма нестойкие в воде с высокими значениями pH.

Борьба с коррозией не может вестись только в направлении коррозионной стойкости материала. Без правильного выбора водного режима и средств его поддержания невозможно обеспечить работу оборудования.

Другой особенностью водного режима АЭС является радиолиз воды и химических добавок (аммиака, гидразина) при облучении, приводящий к образованию агрессивных агентов (кислорода, азотной и азотистой кислот), и необходимость проведения мероприятий по подавлению радиолиза.

Особенностью водного режима с реакторами типа ВВЭР является ввод в первый контур борной кислоты для регулирования реактивности реактора.

В первом контуре АЭС с реакторами ВВЭР принят аммиачно-борно-калиевый водный режим, заключающийся в поддержании в воде первого контура определенной концентрации борной кислоты и нейтрализации ее смесью гидроокиси калия и аммиака.

Радиолиз теплоносителя в активной зоне подавляется созданием повышенной концентрации водорода, который образуется непосредственно в реакторе вследствие радиолиза аммиака. Так как в среде с высокой электропроводностью, какой является вода первого контура, большую опасность представляет кислород, для его связывания дополнительно вводится гидразин. Основной задачей водно-химического режима этого контура является ограничение накопления в теплоносителе радионуклидов, которые при просачивании воды первого контура во второй загрязняют воду парогенераторов. Для этого необходимо: максимально понизить скорость коррозии конструкционных материалов первого контура и переход продуктов коррозии в воду; уменьшить вероятность образования рыхлых отложений на ТВЭЛах, где продукты коррозии подвергаются длительному облучению и активации; обеспечить эффективный вывод загрязнений теплоносителя с помощью систем очистки продувочной воды первого контура.

Основной сложностью аммиачно-борно-калиевого режима является переход ионитов системы очистки воды этого контура из $\text{H} - \text{OH}$ – формы в борно-калиевую, что затрудняет сорбцию микроколичеств таких радионуклидов как $\text{Sr} - 90$, $\text{I} - 131$, $\text{Cs} - 137$ и др.

На втором контуре АЭС в основном применяют слабо аммиачно-гидразиновый водный режим с $\text{pH} = 9,0 \pm 0,2$. Режим не является оптимальным для основного материала конденсатно-питательного тракта – углеродистой стали, а обусловлен наличием в конденсатном тракте медных сплавов – трубных пучков подогревателей низкого давления и конденсаторов турбин.

Отрицательными сторонами указанного режима можно считать следующее: недостаточная щелочность воды для создания на поверхности углеродистой стали защитной окисной пленки; не полностью исключена коррозия медных сплавов, что приводит к загрязнению питательной воды медью.

Работа АЭС основана на применении ядерного топлива, процесс деления которого сопровождается образованием новых радиоактивных нуклидов. Таковыми являются продукты деления урана, а также активированные продукты коррозии конструкционных материалов основных контуров АЭС. Особенностью работы АЭС является образование радиоактивных отходов в процессе их образования.

Радиоактивные отходы принято делить на три группы:

- а) твердые – конструкционные материалы, инструменты, побывавшие в активной зоне реактора; фильтрующий материал, загрязненный радиоактивными аэрозолями и т.д.;
- б) газообразные – летучие радионуклиды с достаточно большим периодом полураспада: тритий, $\text{C} - 14$, $\text{Ar} - 41$, $\text{Kr} - 85$, $\text{Xe} - 133$, $\text{I} - 131$ и аэрозоли;
- в) жидкие – водные растворы, эмульсии и суспензии.

Жидкие радиоактивные отходы принято делить на три класса: высокоактивные – с активностью более 10^{10} Бк/л; среднеактивные – с активностью $10^5 \div 10^{10}$ Бк/л; низкоактивные – с активностью $10 \div 10^5$ Бк/л.

Для АЭС характерны отходы только второго и третьего классов; высокоактивные отходы характерны для заводов, перерабатывающих топливо.

Источниками жидких радиоактивных отходов является вода, используемая в цикле АЭС, и любые растворы, применяемые для снижения активности материалов оборудования контролируемой зоны, дезактивации поверхностей оборудования и помещений АЭС.

Жидкие радиоактивные отходы и вода, циркулирующая в реакторном контуре, подаются на специальные сооружения для очистки вод от загрязняющих веществ, включая радиоактивные, с тем чтобы сконцентрировать выделенную активность и направить концентрат в хранилище жидких отходов (ХЖО). Такие установки называют спецводоочисткой (СВО).

При эксплуатации АЭС СВО играет одну из центральных ролей в обеспечении её безопасной работы, поэтому является необходимой составляющей в комплексе оборудования АЭС.

РАЗДЕЛ 1. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОД НА АЭС

1.1. Применение воды в промышленности и примеси, содержащиеся в воде

Вода является самым распространенным материалом, применяемым почти во всех отраслях промышленности и в теплоэнергетике, в частности.

Непосредственное использование природных вод для промышленных и бытовых нужд является в большинстве случаев неприемлемым. Особенно высокие требования к потребляемой воде предъявляет теплоэнергетическое производство. На АЭС вода используется как рабочее тело и как теплоноситель. Эффективность передачи тепловой энергии и последующего ее превращения в механическую энергию, определяется чистотой контактирующих с водой и паром поверхностей металла. Образование отложений различных веществ на теплопередающих поверхностях приводит к ухудшению теплопередачи. Для повышения эффективности работы основного оборудования необходимо максимально снижать концентрации в питательной воде и добавочной воде растворенных и взвешенных веществ, а также агрессивных агентов, вызывающих коррозию металла.

Первое условие требует удаления присутствующих в природных водах примесей, находящихся в грубодисперсном и коллоидном состояниях, и растворенных солей, которые при нагревании воды образуют малорастворимые соединения (соли жесткости воды).

Второе условие требует максимально полного удаления растворенных в воде агентов коррозии и создания условий наибольшей сохранности металла основного и вспомогательного оборудования.

Современные методы очистки природных вод позволяют обеспечить выполнение вышеперечисленных условий, гарантирующих длительную безаварийную работу оборудования АЭС.

Известно, что молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Вода всегда содержит ионы водорода и гидроксильные ионы, являющиеся продуктами так называемой диссоциации:



В чистом виде в природе вода не существует. В ней обязательно присутствуют примеси. Поэтому природные воды квалифицируют по ряду признаков, простейший из них – солесодержание воды. Воды можно различать по преобладающему в них иону. Наиболее часто встречается разделение примесей природных вод по степени дисперсности:

- истинно-растворенные;
- коллоидно-дисперсные;
- грубодисперсные.

Кроме этих примесей сюда можно включить растворимые в воде газы.

При выборе методов очистки природных вод необходимо учитывать фазово-дисперсное состояние и солесодержание очищаемых вод. Как правило при очистке вод используется последовательное использование методов очистки: сначала удаляются грубодисперсные примеси, затем коллоидно-дисперсные примеси и на последней стадии удаляются истинно-растворенные вещества.

На АЭС нашли применение практически все известные методы очистки вод.

1.2. Предочистка сырой воды

Природные воды, кроме растворенных веществ, часто содержат примеси в виде более или менее размельченных частиц, различных минералов и органических остатков. Грубодисперсные частицы не могут находиться в воде в устойчивом состоянии: они или всплывают при их плотности, меньшей плотности воды, или осаждаются. Например, песчинки, имеющие степень дисперсности 10 (размером 0,1 мм), оседают в спокойной воде со скоростью 100 мм/с.

Как крупные, так и мелкие частицы, находящиеся в воде, обычно приобретают электрический заряд. Обусловлено это различными причинами. Например, поверхность твердого вещества может избирательно адсорбировать те или другие ионы, присутствующие в воде. Концентрируя эти ионы, поверхность приобретает определенный заряд или вещество отдает в раствор ионы и при этом заряжается. Заряд частицы определяется ее поверхностью, которая приобретает тем большее значение, чем меньше размеры частицы.

Взвешенные вещества создают ряд осложнений как при умягчении и обессоливании воды, так и при дальнейшем ее использовании:

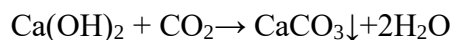
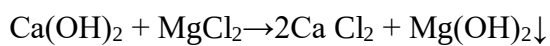
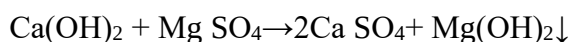
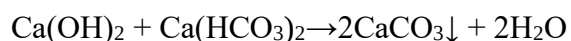
- при попадании на ионообменную шихту снижают ее обменную емкость;
- при попадании на теплопередающие поверхности снижают эффективность их работы.

Вследствие этого освобождение от грубодисперсных и коллоидных примесей является первоначальной стадией для почти всех водоподготовительных установок.

Основными процессами предочистки являются - дегазация, отстаивание, известкование, коагуляция и фильтрование. Процессы предочистки протекают в осветлителе и на механических фильтрах ХВО.

Дегазация сырой воды происходит в воздухоотделителе осветлителя. В воздухоотделителе вода освобождается от избытка воздуха, а, следовательно, от коррозионно-активных газов: кислорода и углекислого газа. Постоянство температуры исходной воды и ее расхода определяют нормальную работу воздухоотделителя. Допускается колебание температуры не более $\pm 1^\circ\text{C}$. Колебание указанных параметров изменяют растворимость и общее количество выделяющегося из воды воздуха. Если нагрузка воздухоотделителя становится чрезмерной, то какая-то часть воздуха будет проходить в нижнюю часть осветлителя и попадать в зону контактной среды. Пузырьки газа будут сорбироваться частицами взвешенного осадка, что может привести к их всплыванию и уменьшению скорости осаждения в шламоуплотнителе.

Известкование воды заключается в обработке воды гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При известковании происходит снижение жесткости (умягчение воды) и бикарбонатной щелочности. Протекают следующие реакции:

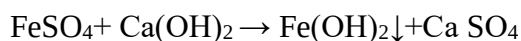


В осадок выпадают труднорастворимые CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$. При этом концентрация ионов кальция и магния уменьшается, следовательно, снижается значение жесткости воды. На этой стадии очистки умягчение воды производится методом осаждения.

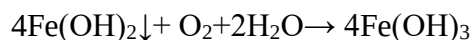
Коагуляция — это физико-химический процесс слипания коллоидных частиц и образование грубодисперсной макрофазы с последующим ее выделением из воды.

В качестве коагулянта на АЭС используется сернокислое железо FeSO_4 . Коагуляция воды FeSO_4 является процессом, улучшающим формирование тяжелого осадка, что способствует удалению коллоидных веществ, железа и кремнекислоты.

Процесс коагуляции имеет две стадии. На первой стадии в результате гидролиза и взаимодействия FeSO_4 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ происходит образование осадка $\text{Fe}(\text{OH})_2$ зеленого цвета:



На второй стадии, в щелочной среде ($\text{pH} > 8$), $\text{Fe}(\text{OH})_2$ окисляется, растворенным в воде кислородом с образованием микрохлопьев труднорастворимого осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ коричневого цвета:



На третьей стадии процесса коагуляции образуются крупные хлопья размером 1-3 мм, которые обладают высокой сорбционной способностью и дополнительно извлекают из воды примеси.

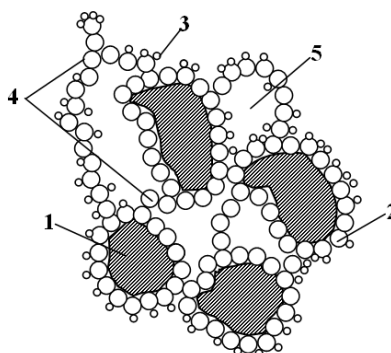


Рис. 1.1. Структура хлопьев, образующаяся при коагуляции: 1 - частицы ГДП; 2 - частицы $\text{Fe}(\text{OH})_3$; 3 - органические вещества; 4 - «клеевые» мостики; 5 - «захваченная» вода

Коагулирующий гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3$ сорбируется на поверхности примесей и одновременно образует «клеевые мостики», связывающие частицы примесей между собой в комплексы (рис.1.1).

Органические вещества сорбируются на поверхности коагулирующей гидроокиси. Образующиеся хлопья имеют рыхлую структуру, т.к. промежутки между частицами заполнены водой. Образовавшиеся комплексы выделяются из воды в процессе осветления.

Осветление воды после известкования и коагулирования происходит в осветлителе за счет значительного снижения скорости движения воды и силы тяжести.

Более глубокая очистка при известковании с коагуляцией достигается при повышении продолжительности контакта очищаемой воды с образующимся шламом. Достигнуть повышения продолжительности контакта можно интенсивным перемешиванием. Однако такой путь нецелесообразен, т.к. сопровождается измельчением шлама, что затрудняет его удаление. Поэтому в осветлителе создают зону взвешенного шлама, в которой происходит спокойное восходящее движение. Шламная зона действует как фильтр, задерживая и укрупняя более мелкие частицы.

Для сохранения и стабилизации шламовой зоны требуется поддерживать постоянную производительность аппарата, а если необходимо ее изменять, то делать это

плавно. Необходимо следить за постоянством температуры исходной воды, чтобы избежать нарушение спокойного восхождения потока, т.к. плотность воды изменяется при изменении температуры.

Даже при хорошо налаженной работе осветлителя вода после него требует дополнительного осветления. Это осветление производится фильтрованием в механических фильтрах, загруженных фильтрующим материалом.

Вода, содержащая грубодисперсные примеси поступает в фильтр и прокачивается через поры фильтрующего материала. В качестве фильтрующего материала используется антрацит или титановый порошок. Взвешенные вещества при этом задерживаются на его поверхности (пленочное фильтрование) и в объеме (адгезионное фильтрование).

В механических фильтрах предочистки ХВО используется метод *адгезионного фильтрования*. При адгезионном фильтровании качество осветления зависит от высоты фильтрующего слоя. Для создания толстого слоя в механические фильтры фильтрующий материал насыпают, поэтому они называются насыпными. Адгезия частиц на фильтрующем материале происходит в основном за счет действия сил электростатического межмолекулярного притяжения (силы Ван-дер-Ваальса).

Адгезия – прилипание примесей к поверхности фильтрующего материала.

Вода в фильтр подается сверху вниз, поэтому верхняя часть фильтрующего слоя, прежде всего перестает поглощать примеси, в работу включаются нижележащие слои фильтрующего материала. Постепенно насыщение распространяется вглубь и в определенный момент времени концентрация грубо - и тонкодисперсных примесей в фильтрате начнет повышаться. В это время фильтр выводится из работы для отмывки. Время работы фильтра от начала пропуска воды до момента «проскока» примеси (повышение концентрации выше нормируемого значения) называется временем защитного действия фильтра.

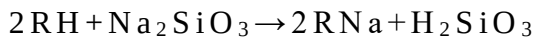
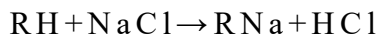
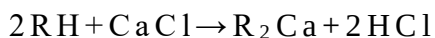
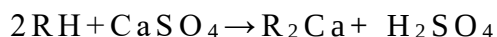
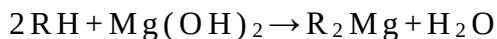
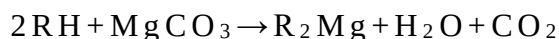
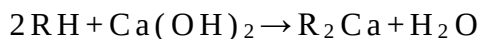
1.3. Обессоливание осветленной воды

Вода, прошедшая предочистку, практически не содержит грубодисперсных примесей и в значительной степени освобождена от коллоидных. Однако основная часть примесей в истинно-растворенном состоянии остается в воде и должна быть удалена из нее.

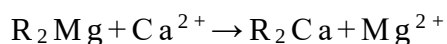
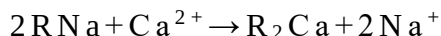
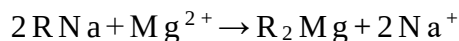
Удаление примесей, находящихся в ионной форме (катионы и анионы) производится на обессоливающей установке ХВО. Основным методом очистки является ионный обмен. Сущность ионного обмена заключается в использовании способности некоторых материалов (ионитов) к замене одного вида ионов другими ионами. На обессоливающей

установке осветленная вода проходит две ступени Н-катионирования, две ступени ОН-анионирования и глубокое обессоливание на ФСД.

При Н-катионировании происходит замена основного количества содержащихся в воде катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} ,



В силу их более высокой электрохимической подвижности (ряд селективности катионов: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^{+} > \text{Na}^{+} > \text{H}^{+}$), кроме реакций обмена катионов на ион H^{+} протекают реакции взаимного вытеснения катионов. Ионы Na^{+} , обладающие меньшей электрохимической подвижностью вытесняются катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} .



В динамических условиях эти процессы приводят к образованию трех зон поглощения катионов.

По мере истощения катионита эти зоны перемещаются в направлении движения воды. Впереди идущий фронт натрия первым достигнет границы слоя катионита. Этот момент соответствует проскоку натрия в фильтрат. На последующих этапах фильтрования концентрация Na^{+} в фильтрате продолжает увеличиваться, при этом не только достигает исходной, но и превышает ее.

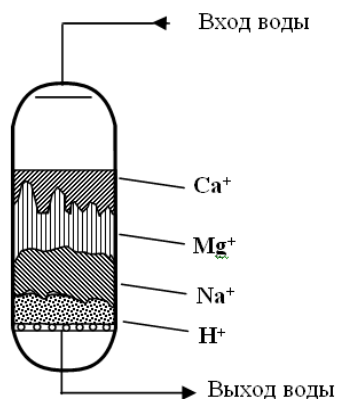


Рис. 1.2. Распределение ионов в слое катионита

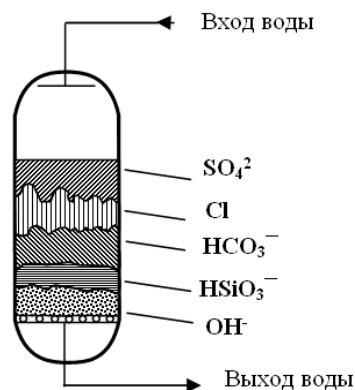


Рис. 1.3. Распределение ионов в слое анионита

Когда границу слоя катионита начинают пересекать зоны Ca^{2+} и Mg^{2+} , эти катионы появляются в фильтрате, т.е. наступает проскок жесткости.

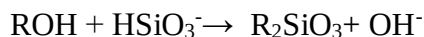
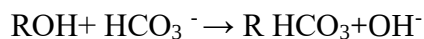
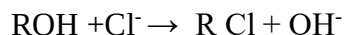
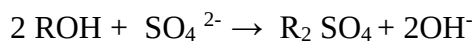
Устанавливать продолжительность рабочего цикла фильтра можно по проскоку натрия, по проскоку жесткости или по снижению кислотности за катионитовым фильтром.

На установке ХВО критерием окончания рабочего цикла катионитовых фильтров является снижение кислотности за Н-катионитовым фильтром второй ступени (НII).

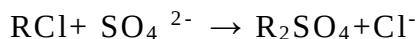
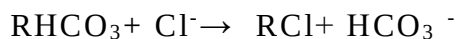
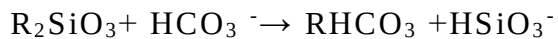
В качестве фильтрующего материала Н - катионитовых фильтров первой ступени применяется слабокислотный катионит – сульфогель (СК-1), который активно вступает в реакцию обменного обмена с сильными катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . Можно сказать, что на Н - катионитовом фильтре первой ступени происходит умягчение воды (снижение общей жесткости за счет уменьшения концентрации Ca^{2+} и Mg^{2+}).

В качестве фильтрующего материала Н - катионитовых фильтров второй ступени применяется сильнокислотный ионит – КУ-2-8. Поэтому на фильтре НII происходит более глубокая очистка воды от ионов натрия.

При анионировании происходит замена основного количества содержащихся в воде катионов SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^{2-} , HSiO_3^{2-} .



Кроме перечисленных реакций в слое анионита протекают реакции взаимного вытеснения анионов, обусловленных селективностью (избирательностью) ионообменного материала ($\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{HSiO}_3^-$).



Хуже всех сорбируемая кремневая кислота вытесняется из анионита лучше сорбируемой угольной кислотой.

Хлориды вытесняют углекислоту, а сами вытесняются сульфатами. В динамических условиях процессы взаимного вытеснения ионов приводят к образованию зон поглощения ионов. С течением времени по мере истощения анионита все зоны перемещаются в направлении движения воды.

Впереди идущий фронт кремниевой кислоты первым достигает границы слоя ионита. Этот момент соответствует проскоку кремниевой кислоты в фильтрат.

Поэтому на установке ХВО одним из критериев окончания рабочего цикла катионитовых фильтров является повышение кремнесодержания за ОН-анионитовым фильтром второй ступени (АII) до 200 мкг/кг. Другим критерием окончания рабочего цикла катионитовых фильтров является повышение щелочности за АII до 100 мкг-экв/кг, что говорит о наличии в фильтрате анионов слабых кислот HCO_3^- и HSiO_3^- .

В качестве фильтрующего материала ОН-анионитовых фильтров первой ступени применяется слабоосновной анионит – АН-31, поэтому на первой ступени ОН-анионирования происходит очистка в основном от ионов сильных кислот SO_4^{2-} и Cl^- . Окончание фильтроцикла ОН-анионитовых фильтров первой ступени определяют по концентрации хлорид-ионов ($\text{Cl}^- > 3$ мг/кг).

Для глубокой очистки от анионов слабых кислот (HCO_3^- и HSiO_3^-) в качестве фильтрующего материала ОН-анионитовых фильтров второй ступени применяется сильноосновной анионит – АВ-17-8.

В результате очистки воды на двух ступенях H^+ и OH^- ионирования получают обессоленную воду. Но показатели ее качества не удовлетворяют нормам воды для подачи в 1 и 2 контуры АЭС. Поэтому для полного химического обессоливания и достижения норм качества, вода после обессоливающих цепочек проходит очистку в фильтре смешанного действия.

В ФСД происходит процесс совместного H^+ и OH^- ионирования воды путем ее фильтрования через слой перемешанных зерен катионита и анионита.

В результате получается химобессоленная вода высокого качества, которая может использоваться для подпитки первого и второго контура АЭС.

РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Система предварительной очистки предназначена для получения осветленной воды, которая в дальнейшем направляется на обработку в системе обессоливания.

Данной установкой предусматривается утилизация:

- а) промывочных вод механических фильтров;
- б) взрыхляющих вод ионитовых фильтров системы обессоливания;
- в) промывочной воды электромагнитных фильтров блочных обессоливающих установок;
- г) продувочной воды осветителей.

В системе предварительной очистки сырой воды происходит первичная обработка исходной воды методами известкования и коагуляции, при этом происходит снижение общей жесткости и щелочности. На оборудовании системы происходит удаление грубодисперсных примесей, находящихся в сырой воде.

Компоненты системы предочистки сырой воды и маршруты потоков сред.

Основными компонентами установки являются:

- осветлитель;
- фильтр механический;
- узел подачи коагулянта;
- узел подачи известкового молока;
- промежуточный бак;
- бак шламовых вод;
- бак отмывочных вод механических фильтров;
- насосы системы.

Исходная вода прокачивается через систему подогрева сырой воды и поступает на осветлитель.

В осветлителе сырая вода проходит стадии очистки методами известкования и коагуляции, после чего самотеком направляется в промежуточный бак.

Из промежуточного бака насосами умягченной воды она направляется на механический фильтр. Пройдя стадию фильтрации на механическом фильтре, вода поступает на дальнейшую обработку в систему обессоливания добавочной воды.

В результате работы осветлителя образуется избыток шлама, который выводится из осветлителя в бак шламовых вод либо в приямок осветлителя с дальнейшим сбросом нашламоотвал. В осветлитель для осуществления известкования и коагуляции из системы реагентов подаются известковое молоко и сернокислое железо.

Взрыхляющие воды механических фильтров сбрасываются в БОМ (бак сбора отмывочных вод) с дальнейшей переработкой на осветлителе.

Маршруты потоков сред системы предварительной очистки добавочной воды представлены на рис. 2.1.

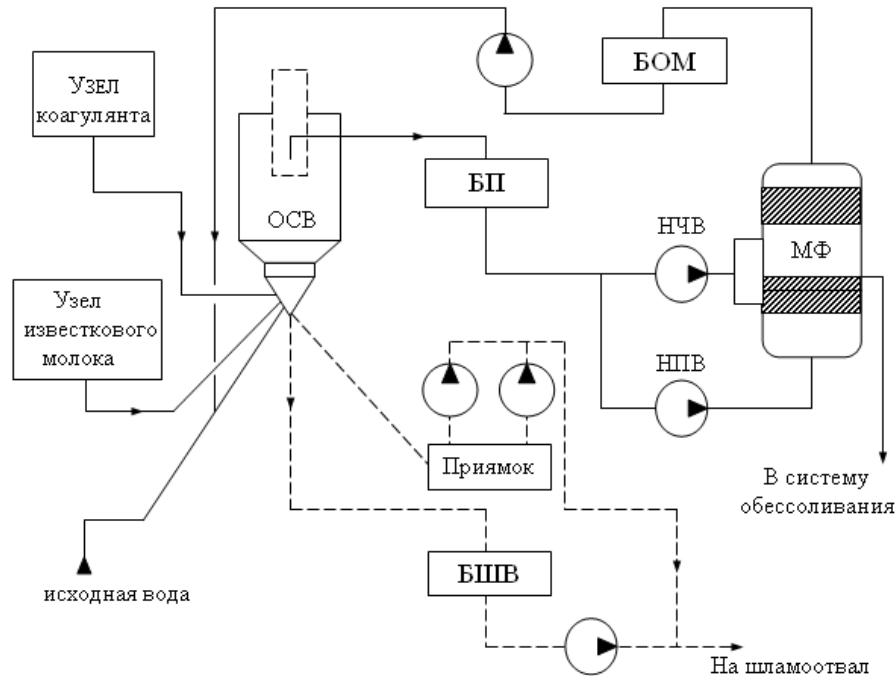


Рис. 2.1. Пространственное расположение компонентов системы предварительной очистки добавочной воды и основные маршруты потоков сред

Вспомогательные установки системы предварительной очистки добавочной воды. К вспомогательным системам установки предочистки относятся:

- система реагентов — предназначена для подачи растворов извести CaO и коагулянта FeSO_4 (сернокислое железо) в осветлитель в целях осветления и умягчения исходной воды;

- система сжатого воздуха — предназначена для проведения операций по взрыхлению механических фильтров;

- система нейтрализации сбросных вод — предназначена для удаления дренажных вод из приемка под осветлителями и подачи этих вод на шламоотвал;

- система подогрева сырой воды — предназначена для подогрева сырой воды до температуры $(35 + 1)^\circ\text{C}$ перед подачей ее на осветлители.

Система предочистки добавочной воды размещена в объединенном вспомогательном корпусе, в помещении химводоочистки.

Система включает в себя:

- два осветлителя;

- три промежуточных бака;
- узел дозирования коагулянта;
- пять насосов умягченной воды;
- два насоса промывочной воды механических фильтров;
- бак сбора отмывочных вод;
- два насоса баков отмывочных вод;
- два бака шламовых вод.

Арматура для обслуживания компонентов системы расположена в обвязке, непосредственной близости каждого компонента системы.

Пространственное расположение компонентов системы представлено на рис. 2.1.

Баки, входящие в систему предочистки, размещены на площадке бакового хозяйства.

Конструкция осветлителя

Осветлитель является аппаратом, в котором одновременно протекают химические реакции, связанные с вводом реагентов, а также физические процессы формирования образовавшихся осадков (*шлама*) в объеме воды осветлителя и фильтрования обрабатываемой воды через их слой. *Контактная среда* в осветлителе, называемая шламовым фильтром, формируется из ранее образовавшихся и вновь образующихся частиц шлама, находящихся во взвешенном состоянии за счет действия восходящего потока воды. Прошедшая через шламовый фильтр вода освобождается от грубодисперсных частиц, содержащихся в исходной воде и сформировавшихся в результате химических реакций в осветлителе. Поэтому их остаточная концентрация обычно находится в пределах $5 - 10 \text{ мг/дм}^3$, если не нарушены химический и гидравлический режимы в осветлителе. При конструировании осветлителя учитывается, что гидравлические процессы в нем включают в себя следующее:

- а) поддержание во взвешенном состоянии твердых частиц, образующих контактную среду, восходящим потоком воды;
- б) удаление избытка этих частиц из зоны контактной среды;
- в) режимы движения воды в контактной среде, а также на входе в осветлитель и на выходе из него.

Осветлитель предназначен:

- а) для получения умягченной воды;
- б) образования комплексного шлама и поддержания в рабочем состоянии шламового фильтра, служащего для углубления процессов очистки воды;
- в) осаждения и удаления осадков, образующихся при обработке воды.

Нормальная работа осветлителя обеспечивается:

- а) плавным регулированием подачи исходной воды;
- б) подогревом исходной воды;
- в) подводом реагентов в осветлитель;
- г) отводом избытка шлама из осветлителя.

Осветлитель – это аппарат естественно-принудительной циркуляции, состоящий из следующих основных узлов:

- воздухоотделителя;
- соплового устройства;
- шламоуплотнителя.

Осветлитель представлен на рис. 2.2. Он представляет собой цилиндрический сварной сосуд, установленный вертикально, снабженный технологическими штуцерами и штуцерами КИП. Технологические штуцера предусматривают вход исходной воды, ввод известкового раствора и коагулянта, ввод промывочной воды, отвод шлама, контроль высоты шламowego фильтра, химконтроль.

Процесс осветления в осветлителях происходит в слое взвешенного осадка. Вся масса частиц твердой фазы в этом слое находится в состоянии динамического равновесия. При этом каждая из частиц непрерывно хаотически перемещается, весь же слой в целом находится в пространстве в фиксированном положении.

Обрабатываемая вода в осветлителе движется в направлении снизу-вверх. Проходя через слой взвешенного осадка, мелкодисперсные частицы твердой фазы, образующиеся в результате коагуляции и осаждения, налипают на крупные частицы осадка, находящиеся во взвешенном слое.

Повышению эффекта осветления способствуют увеличение толщины слоя взвешенного осадка, возрастание интенсивности прилипания частиц, повышение концентрации крупных частиц и уменьшение скорости восходящего потока воды.

Существуют верхний и нижний пределы существования взвешенного слоя, зависящие от значения скорости свободного движения потока.

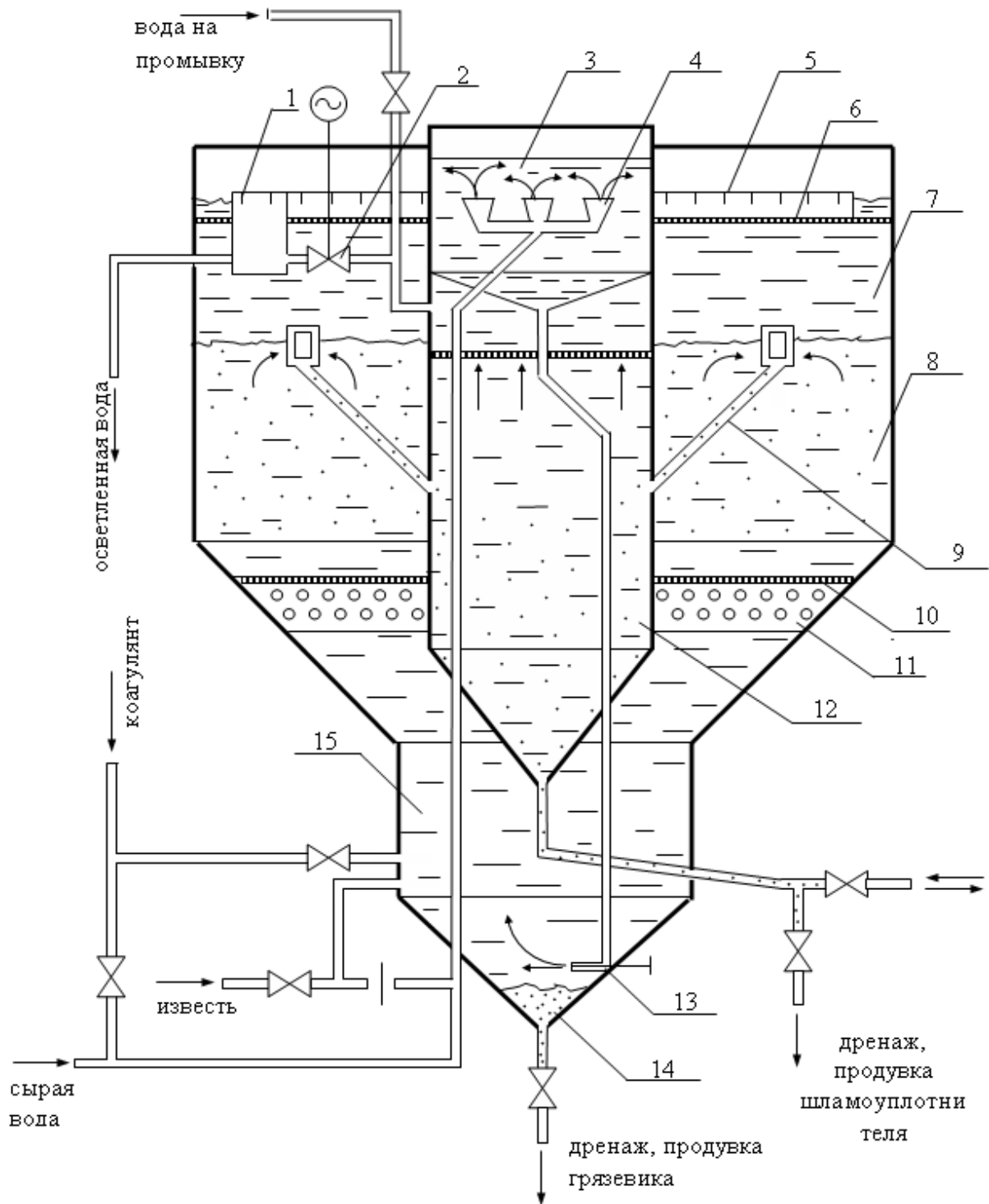


Рис. 2.2. Осветлитель ВТИ-1000:

- 1 – приемный короб; 2 – дроссельная заслонка; 3 – воздухоотделитель; 4 – сопла; 5 – кольцевой желоб;
 6 – горизонтальная решетка; 7 – зона осветлителя; 8 – «шламовый фильтр»; 9 – шлагоотводящие трубы;
 10 – смесительная решетка; 11 – вертикальные перфорированные решетки; 12 – шлагоуплотнитель;
 13 – сопловое устройство; 14 – грязевик; 15 – камера смешения

Стационарный режим работы осветлителя предполагает сохранение постоянства концентрации твердой фазы во взвешенном слое.

Исходная вода поступает в нижнюю часть осветлителя и, поднимаясь вверх, проходит через воздухоотделитель, где освобождается от пузырьков воздуха.

Затем по опускной трубе через тангенциально направленное сопловое устройство воздухоочищенная вода попадает в нижнюю часть осветлителя – смеситель. Туда же подводятся реагенты: известковое молоко и коагулянт. В смесителе создается вращательное движение воды. Такое движение потока способствует быстрому перемешиванию воды с реагентами. Имеющаяся в сопловом устройстве регулирующая арматура предназначена для изменения площади его выходного сечения и позволяет регулировать скорость ввода при переменной нагрузке.

Поток воды с реагентами перемещается в нижней конусной части осветлителя по спирали. Меньшие сечения в нижней части осветлителя служат для создания повышенных скоростей восходящего движения воды с тем, чтобы в этой части осветлителя не происходило накапливание осадка.

Затем поток воды вместе с продуктами взаимодействия, поднимаясь вверх, проходит через успокоительную зону осветлителя. Эта зона представляет собой вертикальные и нижнюю горизонтальную смесительные перегородки. При движении воды через успокоительную зону происходит гашение (затухание) вращательного движения потока.

Поток воды попадает в цилиндрическую часть осветлителя, где вследствие возрастания поперечного сечения аппарата скорость восходящего потока постепенно снижается.

На уровне шламоприемных окон устанавливается верхняя граница взвешенного слоя шлама. Избыток шлама, непрерывно образующегося в осветлителе, поступает через шламоприемные окна в шламоуплотнитель.

Вместе со шламом в шламоуплотнитель поступает вода до 20 % производительности осветлителя. Уплотненный шлам удаляется из шламоуплотнителя с непрерывной продувкой в приямок осветлителя, а умягченная вода из шламоуплотнителя направляется в распределительное устройство.

Основной поток (80 % производительности осветлителя) обрабатываемой воды, минуя шламоуплотнитель и проходя взвешенный слой шлама, поступает на верхнюю горизонтальную решетку, перекрывающую все сечение аппарата и предназначенную для равномерного распределения воды по сечению осветлителя.

В дальнейшем умягченная вода поступает в кольцевой желоб. Он служит для сбора умягченной воды и отвода ее из осветлителя через распределительное устройство в промежуточные баки. Вода попадает в желоб через многочисленные отверстия, имеющиеся в его боковых стенках.

Кроме отверстий в стенках есть несколько узких вертикальных прорезей, через которые в желоб могут поступать всплывающие примеси.

Чтобы избежать накопления этих примесей на поверхности воды и одновременного поступления в желоб, необходим их непрерывный отвод.

Часть грубодисперсных частиц с большой плотностью, поступающих с исходной водой (песок, глина и др.), а также крупные кристаллы образовавшегося осадка осаждаются в нижней части смесителя, в зоне, находящейся ниже патрубка ввода воды, имеющей название грязевика. Освобождение грязевика осветлителя от этой части шлама производится посредством выполнения периодических продувок.

Шлам осветлителя путем периодической и непрерывной продувок собирается в приямок осветлителя (либо в баки шламовых вод) с дальнейшей выдачей на шламоотвал.

Основные характеристики ВТИ-1000 приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технические характеристики ВТИ-1000

Тип	ВТИ-1000
Производительность, м ³ /ч	1000
Объем общий, м ³	2127
Диаметр, м	18
Нагрузочная масса, кг	2350
Высота, м	16,5

Процессы обработки воды на осветлителе. Очистка исходной воды в осветлителях осуществляется проведением в них следующих фаз обработки воды:

- известкование;
- коагуляция.

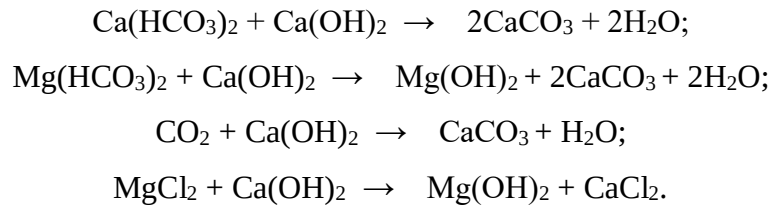
Физико-химические процессы этих фаз обработки воды в осветлителе взаимосвязаны и способствуют полноте протекания каждой отдельной фазы.

Известкование предназначено:

- для снижения жесткости исходной воды за счет удаления ее карбонатной составляющей (щелочности);
- связывания и удаления из исходной воды растворенного в ней углекислого газа;

- удаления из воды магниевой жесткости и замены ее на кальциевую.

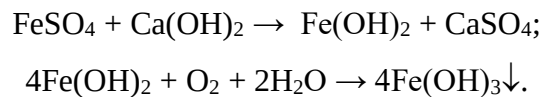
При этом на осветлителе происходят следующие процессы:



Коагуляция предназначена:

- для удаления коллоидных примесей исходной воды;
- образования комплексного, рабочего шлама.

При этом на осветлителе протекают следующие реакции:



$\text{Fe}(\text{OH})_3$ первоначально образует коллоидную систему, частицы которой коагулируют коллоидные примеси исходной воды. Именно на этом этапе коагуляции исходная вода в основном и очищается от коллоидных примесей. На втором этапе процесса коагуляции образуются крупные хлопья (флокулы) размером 1...3 мм, которые, обладая высокой сорбционной способностью, дополнительно очищают исходную воду от примесей различной степени дисперсности (в том числе и грубодисперсные) и различной природы (органические и неорганические). Крупные хлопья под действием силы тяжести и под действием восходящего потока воды остаются во взвешенном состоянии, образуя так называемый шламочный фильтр.

Конструкция и теория эксплуатации механического фильтра. Фильтр механический двухкамерный предназначен для очистки умягченной воды методом фильтрации от грубодисперсных частиц и получения конечного продукта системы – осветленной воды.

Нормальная работа механического фильтра обеспечивается:

- загрузкой фильтрующего материала;
- непрерывным отводом умягченной воды;
- своевременным проведением операции промывки;
- поддержанием перепада давления между входом и выходом.

Двухкамерный механический фильтр представляет собой стальной цилиндрический сосуд со сферическими днищами. Он разделен на две камеры плоским разделительным днищем, которое имеет анкерные трубы для обеспечения необходимой жесткости. Эти

трубы одновременно служат для выравнивания давления в камерах фильтра. В верхние зоны камер введены трубы с воронками – верхние распределительные устройства для подвода и распределения по площади фильтра умягченной воды и отвода промывочной воды. Из верхней части камер выведена труба для отвода воздуха - воздушник. Нижнее сферическое днище заполнено бетоном для создания горизонтальной плоскости. На этой плоскости и на распределительном днище располагаются нижние дренажные распределительные устройства, предназначенные для равномерного отвода воды на площади фильтра и предотвращения выноса зерен фильтрующего материала. Через нижние дренажные распределительные устройства осуществляются промывка и взрыхление фильтрующего материала умягченной водой и сжатым воздухом. В качестве фильтрующего материала в механическом фильтре применяется малозольный, термостойкий, дробленый антрацит марки АС с фракцией 0,6...1,4 мм либо сульфоуголь марки СУ-2.

Краткие технические характеристики МФ приведены в табл. 2.2.

Баковое хозяйство системы предочистки. Промежуточный бак предназначается для запаса умягченной воды в системе; является буферной емкостью, обеспечивающей плавность режимов очистки воды, регулировку производительности механических фильтров, не изменяя нагрузки осветлителя; обеспечения работоспособности насосов умягченной воды и насосов промывки механических фильтров.

Таблица 2.2

Технические характеристики механического фильтра

Технические характеристики	Значение
Тип	2-х камерный
Производительность, м ³ /ч	180
Рабочее давление, кгс/см ²	6
Перепад давления, кгс/см ²	1
Диаметр, м	3,4
Площадь фильтрования, м ²	18,2
Высота фильтрующего слоя, м	0,9
Фильтрующий материал	дробленый антрацит

Бак отмывочных вод механических фильтров предназначен для сбора и повторного использования:

- промывочных вод механических фильтров;
- промывочных вод электромагнитных фильтров БОУ;
- взрыхляющих вод ионитовых фильтров системы обессоливания;
- обезмасленных вод с установки “Кристалл”.

Бак шламовых вод предназначен для сбора шлама, отводимого из осветлителя, и обеспечения нормальной работы насосов для откачки шлама на шламоотвал.

Бак-мерник коагулянта предназначен для создания запаса сернокислого железа, подаваемого на осветлитель, и обеспечения нормальной работы насосов-дозаторов коагулянта.

Нормальная работа баков обеспечивается непрерывной связью с атмосферой, контрольно-измерительными приборами.

Краткая характеристика баков представлена в табл. 2.3.

Насосы умягченной воды предназначаются для прокачки умягченной воды через механические фильтры и первую ступень ионитовых фильтров системы обессоливания, подачи умягченной воды на собственные нужды химводоочистки.

Таблица 2.3

Технические характеристики бакового хозяйства предочистки

Технические характеристики	БМК	БП	БОМ
Тип	атмосфер.	атмосфер.	атмосфер.
Объем, м ³	25	630	1000
Диаметр, м	2,15	9	10,3
Высота, м	3,35	10,3	13,5

Насосы промывки механических фильтров предназначаются для промывки механических фильтров, а также предусмотрена возможность их использования в качестве насосов умягченной воды.

Насосы возврата промывочных вод предназначаются для откачки собранных в БОМ вод в осветлитель.

Нормальная работа насосов обеспечивается:

- а) непрерывным подводом воды на всас;
- б) наличием потребителей на напоре;
- в) работоспособностью сальниковых уплотнений.

Краткая характеристика насосов представлена в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Технические характеристики насосов системы предочистки

Характеристики	НДК	НУВ	НПМ	НОМ
Тип	НД630-10	Х320-50	Д320-50	4к-90/35
Производительность, м ³ /ч	0,630	280	320	90
Напор, м вод. ст.	100	72	50	35
Уплотнение	----	сальник	сальник	сальник
Мощность эл. привода, кВт	1,10	110	55	22
Количество	7	5	2	2

Узел приготовления и дозирования коагулянта состоит из баков коагулянта и насосов-дозаторов коагулянта.

Баки-мерники раствора коагулянта предназначены для корректировки концентрации и создания запаса рабочего раствора коагулянта FeSO_4 .

Насосы-дозаторы коагулянта предназначены для дозирования раствора коагулянта в осветлители.

Измерительная аппаратура, контроль, управление системы предварительной очистки добавочной воды. Контрольно-измерительные приборы (КИП) обеспечивают контроль эксплуатационных параметров.

Контрольно-измерительные приборы осветлителя (рис. 2.3). Контролируют следующие параметры:

- расход сырой воды на осветлитель: номинальный расход – $400 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- температура сырой воды на осветлитель: номинальная температура – 35°C ;
- pH среды в осветлителе: номинальное значение – 10,3;
- давление сырой воды перед осветлителем: номинальное значение – $6 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

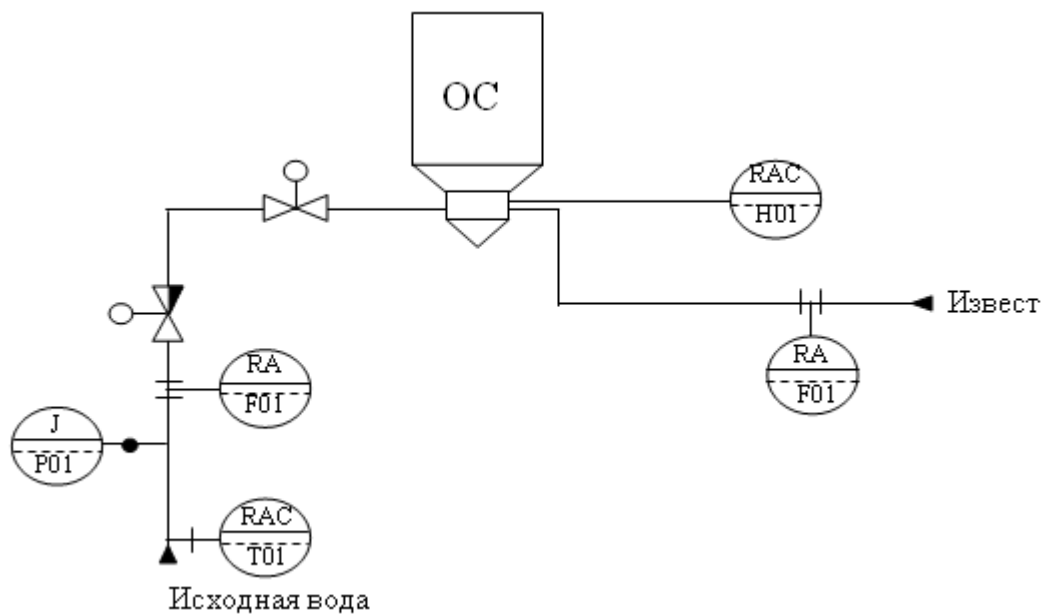


Рис. 2.3. КИП осветлителя

КИП бака шламовых вод. Проиллюстрирован на рис. 2.4. Контролируется уровень в баке шламовых вод. Номинальный уровень – 5 м.

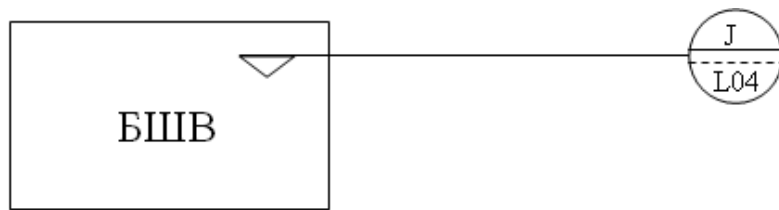


Рис. 2.4. КИП бака шламовых вод

КИП механического фильтра. На рис. 2.5 показан КИП механического фильтра предочистки.

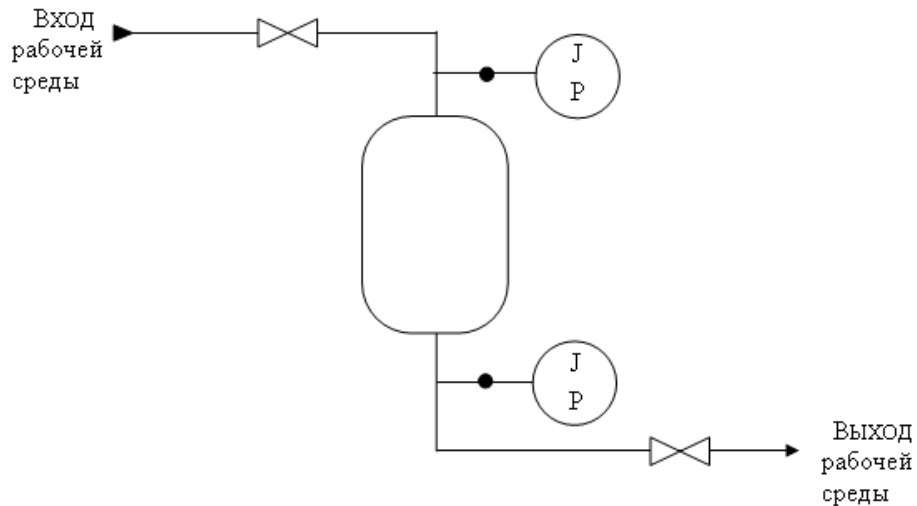


Рис. 2.5. КИП механического фильтра предочистки.

Исходя из рис. 2.5, контролируются следующие параметры:

- расход осветленной воды на механический фильтр: номинальное значение – $150 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- давление воды на входе в механический фильтр: номинальное значение – $5,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$;
- давление воды на выходе из механического фильтра: номинальное значение – $5,0 \text{ кгс}/\text{см}^2$;
- давление сжатого воздуха на механический фильтр: номинальное значение – $5,0 \text{ кгс}/\text{см}^2$;
- перепад давления на механическом фильтре: номинальное значение – $0,6 \text{ кгс}/\text{см}^2$;
- расход воды на промывку механического фильтра: номинальное значение – $350 \text{ м}^3/\text{ч}$.

КИП насосов промывочной воды. Рис. 2.6 иллюстрирует КИП насосов промывочной воды.

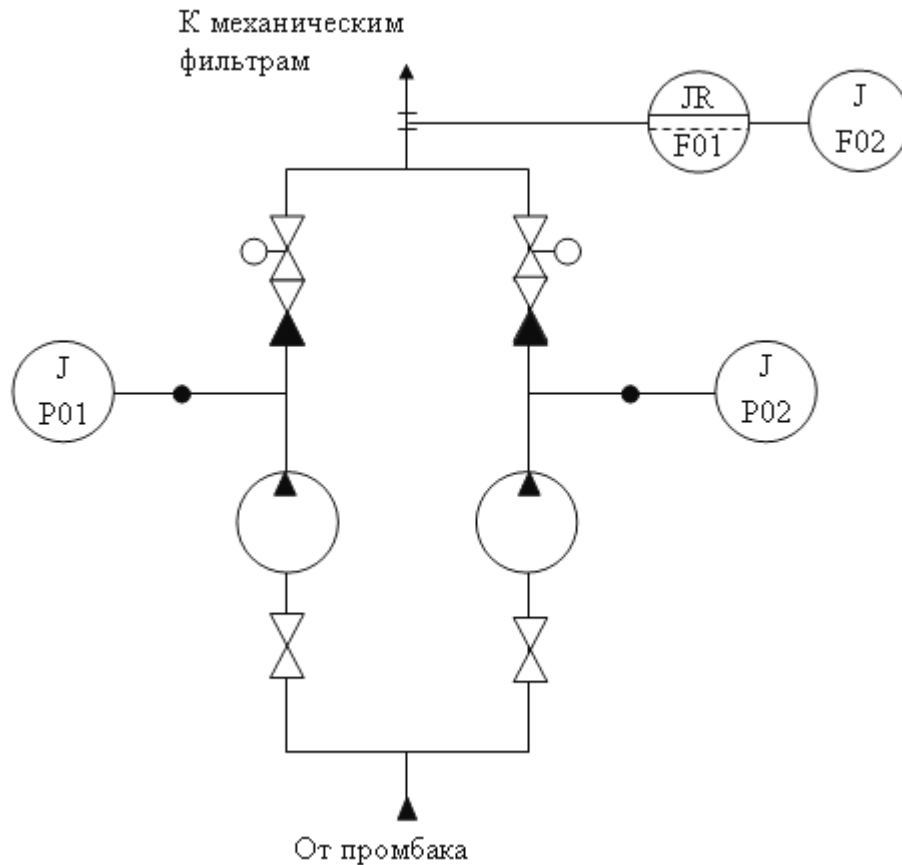


Рис.2.6. КИП насосов промывочной воды МФ

Исходя из рисунка, контролируются следующие параметры:

- давление на напоре насосов: номинальное значение – $5,0 \text{ кгс/см}^2$;
- расход умягченной воды на промывку МФ: номинальное значение – $350 \text{ м}^3/\text{ч}$.

КИП промежуточного бака. Рис. 2.7 представляет КИП промежуточного бака, где контролируется уровень в баке: номинальное значение – $7,5 \text{ м}$.

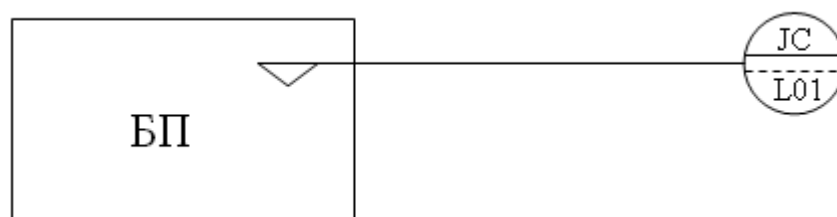


Рис. 2.7. КИП промбака

КИП БОМ совместно с насосами БОМ. Рис. 2.8 представляет КИП БОМ, где контролируются следующие параметры:

- уровень воды в БОМ: номинальное значение – 10 м ;
- давление на напоре насосов БОМ: номинальное давление – $3,5 \text{ кгс/см}^2$;

- расход воды из БОМ в осветлитель: номинальное значение – 35 м³/ч;
- температура воды, подаваемой из БОМ в осветлитель: номинальное значение – 35 °С.

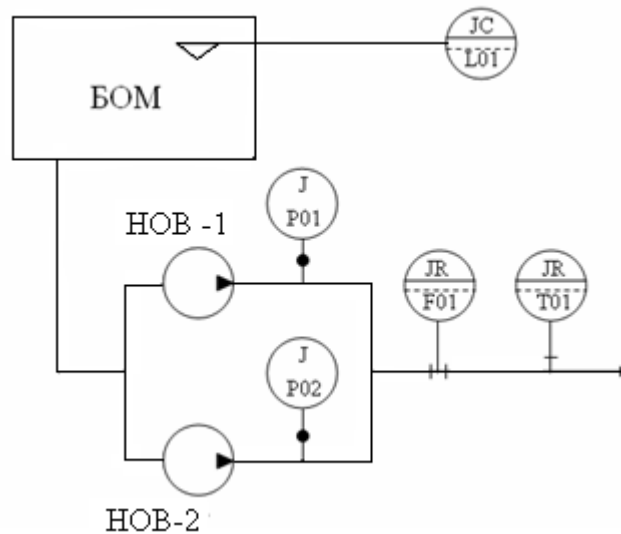


Рис. 2.8. КИП бака отмытки механических фильтров

Технологическая сигнализация системы предочистки сведена в табл. 2.5.

Обслуживание системы предочистки в режиме нормальной эксплуатации.

Режим нормальной эксплуатации предочистки включает в себя:

- подготовку к вводу системы;
- освещение исходной воды на предочистке;
- технологическое обслуживание системы предочистки.

Таблица 2.5

Технологическая сигнализация системы предочистки

Наименование	Уставка нижняя	Уставка верхняя
Изменилась концентрация коагулянта, %	4	6
Уровень в баке-мернике коагулянта, м	0,5	0,2 ниже перелива
Уровень в промбаках, м	0,6	9,8
рН в осветлителе, ед.	10,1	10,5
Температура исходной воды, °С	33	37
Сработал АВР НОМ	аварийно отключился НОМ	
Сработал АВР НУВ	аварийно отключился НУВ	
Перепад давления на МФ, кгс/см ²	--	1
Уровень воды в БОМ, м	0,8	12,8
Нет электропитания задвижек МФ	отключение питания задвижек	
Давление воздуха на ХВО не норма	4	6

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМА ОБЕССОЛИВАНИЯ ДОБАВОЧНОЙ ВОДЫ

В практике эксплуатации существуют две схемы соединения фильтров в установках химического обессоливания: секционная (параллельное включение) и блочная (цепочки). В секционной схеме (рис. 3.1, а) фильтры одного назначения (например, Н-катионитные фильтры первой ступени) включаются параллельно (одна секция), а их фильтрат подается через общий коллектор на следующую группу фильтров, также соединенных параллельно (вторая секция), и т.д. При блочном включении (рис. 3.1, б) схема разбивается на отдельные цепочки, каждая из которых содержит по одному набору фильтров (например, $H_1 - A_1 - D - H_2 - A_2$), необходимых для очистки воды и соединенных последовательно. Обработанная вода последних фильтров в цепочках объединяется в коллекторе и подается на ФСД, направляясь далее в сборный бак. Таких блоков в схеме ВПУ должно быть несколько с учетом того, что часть их находится в работе, один – на регенерации и еще один – в резерве. Преимущества блочной схемы включения фильтров по сравнению с секционной состоят в упрощении контроля за качеством обработанной воды и проведения регенерации. При расчете схемы можно подобрать режимы, при которых рабочий цикл у всех фильтров цепочки будет заканчиваться практически одновременно, поэтому сигнал на отключение цепочки для ее регенерации достаточно получить с одного фильтра. К недостаткам блочной схемы следует отнести необходимость ее переналадки при изменении качества исходной воды и повышенный расход ионитов.

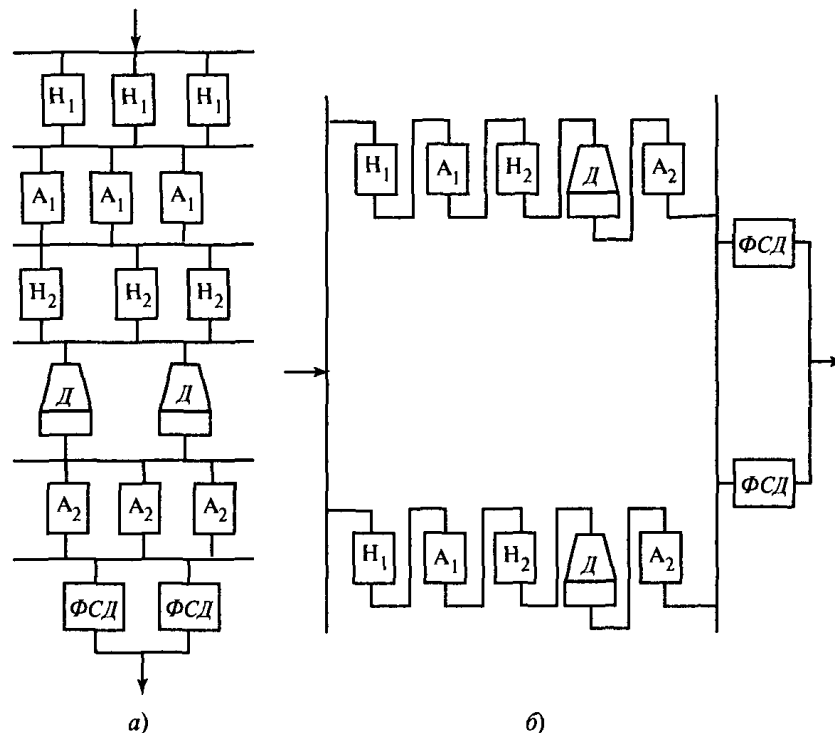


Рис. 3.1. Схемы соединения ионитных фильтров в обессоливающих установках:
а — секционная; б — блочная

При секционной схеме каждая группа фильтров должна насчитывать не менее трех аппаратов с учетом их регенерации и вывода одного из фильтров в ремонт. Рабочий цикл фильтров не должен быть менее 8 ч по условиям удобства эксплуатации.

Система обессоливания добавочной воды предназначена для получения обессоленной воды, которая в дальнейшем направляется:

- на заполнение и отмывку первого и второго контуров перед пуском энергоблоков;
- восполнение потерь воды и пара первого и второго контуров при пусках и работе энергоблоков на мощности;
- собственные нужды ХВО, СВО, БОУ;
- электролизную.

Цепочки обессоливания, состоящие из H^+ -предвключенного фильтра, H^+ -катионитового фильтра 1-й ступени, OH^- -анионитового фильтра 1-й ступени, бака ЧОВ, насосов БЧОВ, H^+ -катионитового фильтра 2-й ступени, OH^- -анионитового фильтра 2-й ступени, предназначены для приготовления обессоленной воды по двухступенчатой схеме. Фильтры смешанного действия ФСД являются третьей ступенью обессоливания. Система обессоливания добавочной воды, как правило, включает пять параллельных цепочек.

Маршруты потоков сред. Добавочная вода, прошедшая предварительную очистку на установке предварительной очистки, поступает на цепочки обессоливания: сначала на 1-ю ступень, потом на 2-ю ступень обессоливания, затем на фильтры смешанного действия. Для исключения возможности попадания ионообменной смолы в тракт I и II контуров с добавочной водой в случаях нарушения дренажной системы фильтров установлена ловушка зернистых материалов.

Добавочная вода собирается в баки запаса конденсата (БЗК), откуда насосами обессоленной воды подается для восполнения потерь конденсата в I и II контуре АЭС, а также на собственные нужды ХВО, СВО, БОУ.

В процессе работы установки ионообменные фильтры выходят на регенерацию в результате истощения ионообменной смолы. Для восстановления обменной емкости шихту регенерируют регенерационными растворами серной кислоты H_2SO_4 и раствором едкого натра NaOH.

Регенерационные воды сбрасываются в баки-нейтрализаторы системы, а воды от взрыхления фильтров поступают в БОМ системы предочистки.

Компоненты системы обессоливания добавочной воды.

Система обессоливания добавочной воды размещена в объединенном вспомогательном корпусе в фильтровальном зале помещения химводоочистки.

Система включает в себя (рис. 3.2):

- предвключенный H^+ -катионитовый фильтр ($H_{пр}$);
- катионитовый фильтр первой ступени (H_1);
- OH^- -анионитовый фильтр первой ступени (A_1);
- катионитовый фильтр второй ступени (H_2);
- анионитовый фильтр второй ступени (A_2);
- бак частично обессоленной воды;
- насосы бака частично обессоленной воды;
- фильтр смешанного действия;
- бак запаса чистого конденсата;
- насосы обессоленной воды.

Арматура для обслуживания компонентов системы расположена в обвязке, в непосредственной близости каждого компонента системы.

Пространственное расположение компонентов системы и маршруты потоков сред представлены на рис. 3.2.

Баки, входящие в систему обессоливания, размещены на площадке бакового хозяйства.

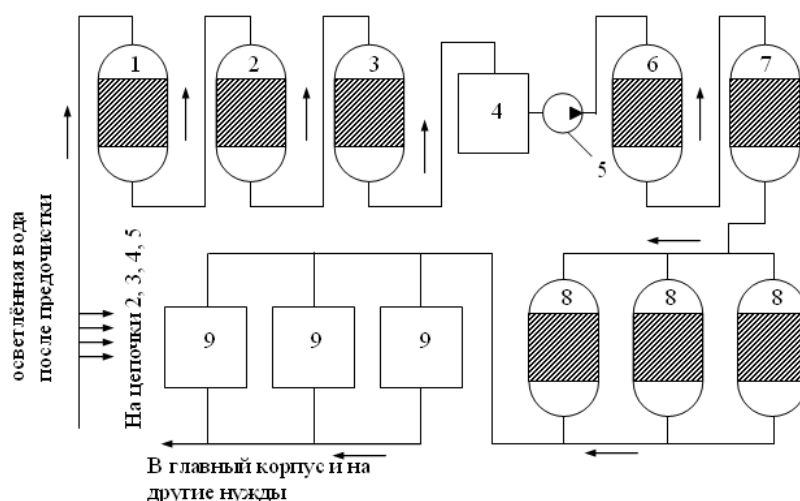


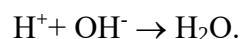
Рис. 3.2. Схема обессоливания добавочной воды (цепочка 1):

1 – катионитовый фильтр предвключенный; 2 – катионитовый фильтр 1-й ступени; 3 – анионитовый фильтр 1-й ступени; 4 – бак частично обессоленной воды; 5 – насос частично обессоленной воды; 6 – катионитовый фильтр 2-й ступени; 7 – анионитовый фильтр 2-й ступени; 8 – фильтр смешанного действия; 9 – бак запаса чистого конденсата

Конструкция и теория эксплуатации ионообменных фильтров системы обессоливания добавочной воды.

Конструкция ионообменных фильтров. Каждый фильтр, входящий в систему обессоливания добавочной воды Н_{пр}, Н₁, Н₂, А₁, А₂, ФСД, представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд с внутренней химзащитой от коррозии. Фильтры обвязаны системой наружных трубопроводов для подвода и отвода воды и регенерационных растворов. Для внутреннего осмотра и ремонта они имеют верхний и нижний лазы. Внутри каждого фильтра смонтированы верхнее распределительное устройство (ВРУ), нижнее распределительное устройство (НРУ), а в ФСД еще и среднее распределительное устройство (СРУ), служащие для равномерного распределения и сбора воды, регенерационных растворов по сечению фильтра. Нижние днища фильтров залиты кислотоупорным бетоном, сверху которого наносится защитный слой мастики «битуминоль» до уровня щелей НРУ. Во избежание выноса мелких фракций ионита через щели НРУ во все фильтры, кроме ФСД, загружен подстилочный слой антрацита высотой 150 мм.

При подготовке добавочной воды в системе обессоливания используется метод, основанный на последовательном осуществлении процессов -катионирования и -анионирования, – метод ионного обмена. В процессе -катионирования содержащиеся в воде катионы заменяются на ионы H^+ , в процессе OH^- -анионирования содержащиеся в воде анионы заменяются на ионы OH^- . Взаимодействуя друг с другом, эти ионы образуют молекулу воды H_2O :



Нормальная работа фильтров системы обессоливания обеспечивается:

- плавным регулированием расхода через фильтры;
- своевременной и качественной регенерацией;
- контролем химических параметров после фильтров;
- качеством исходной воды из системы предочистки;
- качеством ионообменной смолы;
- соблюдением технологии эксплуатации.

Н_{пр} и Н_{1ст} фильтра цепочек обессоливания предназначены для улавливания из воды всех катионов. Н_{пр} называют фильтром с «голодной» регенерацией. Этим названием подчеркивается основная особенность этой технологии, а именно то обстоятельство, что регенерация отработавшего катионита проводится с недостатком кислоты. При

правильном осуществлении данного режима на протяжении всего рабочего цикла обеспечивается получение фильтрата с нулевой кислотностью и минимальной щелочностью. Это происходит в результате того, что, пропуская регенерационный раствор через фильтр в количестве, меньшем обменной емкости загруженного в фильтр катионита, в H^+ -форму переводится не весь слой катионита, а какая-то его часть. Поэтому в самых нижних слоях, через которые проходит раствор, содержащий лишь продукты регенерации: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ -катионит переводится в соответствующие солевые формы.

Фильтрат после $H_{1ст}$ является кислым, он содержит сильные (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) и слабые (H_2CO_3 , H_2SiO_3) кислоты. Регенерация катионита $H_{пр}$ и $H_{1ст}$ осуществляется раствором серной кислоты. В результате этого происходит восстановление обменной емкости.

OH^- -анионитовые фильтры 1-й ступени предназначены для улавливания анионов сильных кислот, Cl^- , NO_3^- из фильтрата после H_1 ступени. Это осуществляется на низкоосновном анионите АН-31 или его зарубежном аналоге. Регенерация анионита осуществляется раствором едкого натра. Вода после A_1 ступени является частично обессоленной, так как из нее не удалены:

- анионы слабых кислот (кремниевой и угольной);
- остатки анионов сильных кислот, проскочивших A_1 ступени;
- остатки катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , проскочивших $H_{пр}$ и H_1 .

H^+ -катионитовый фильтр второй ступени предназначен для улавливания из частично обессоленной воды остатков всех катионов, проскочивших через $H_{пр}$ и H_1 ступени. Фильтр загружен катионитом КУ-2-8, регенерируемым раствором серной кислоты. Вода после H_2 ступени является слабокислой.

OH^- -анионитовые фильтры второй ступени предназначены для улавливания:

- анионов слабых кислот (угольной и кремниевой);
- остатков анионов сильных кислот, проскочивших через A_1 .

Фильтры A_2 ступени загружены высокоосновным анионитом марки АВ-17-8, который регенерируется раствором едкого натра. Вода после A_2 ступени является обессоленной, однако глубина ее обессоливания недостаточна для подпитки контуров энергоблоков.

ФСД предназначены для получения глубоко обессоленной воды путем удаления из обессоленной воды, полученной на цепочках обессоливания, микроколичеств всех катионов и анионов в смешанном слое загрузки. Загрузка всех ФСД состоит из сильнокислотного катионита КУ-2-8 и высокоосновного анионита АВ-17-8.

Основные технические характеристики фильтров системы обессоливания приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Техническая характеристика фильтров

Наименование	Нпр	Н ₁	А ₁	Н ₂	А ₂	ФСД
ТИП	вертикальные		параллельно-поточные			
Количество, шт	5	5	5	5	5	3
Производительность	140	140	140	140	140	150
Рабочее давление, атм	6	6	6	6	6	6
Диаметр, м	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	2,0
Высота, м	5,72	5,72	5,72	5,72	5,72	5,03
Площадь фильтрования, м ²	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	6,1
Высота фильтрующего слоя, м	2,5	2,0	1,5	1,5	1,3	0,6·2 = 1,2
Фильтрующий материал	СК-1	КУ-2-8	АН-31	КУ-2-8	АВ-17-8	Смешанный слой
Размер зерен ионита	до 1,5	до 1,3	до 2,0	до 1,5	до 1,2	до 1,2
Ширина щелей РУ, мм	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,25
Размер зерен антрацита подстилочного слоя, мм	1...5	1...5	1...5	1...5	1...5	—
Высота подстилочного слоя антрацита, мм	150	150	150	150	150	—

Баковое хозяйство системы обессоливания добавочной воды

Баки запаса чистого конденсата предназначены:

- для создания запаса обессоленной воды;
- обеспечения равномерной нагрузки системы.

Баки частично обессоленной воды предназначены:

- для исключения разрыва потока обрабатываемой воды;
- обеспечения нормальной работы насосов частично обессоленной воды.

Баки мерники кислоты и щелочи предназначены для приема концентрированных растворов кислоты и щелочи со склада реагентов с дальнейшим использованием для регенерации фильтров цепочек и ФСД. Основные технические характеристики бакового хозяйства представлены в табл. 3.2

Таблица 3.2

Технические характеристики бакового хозяйства

Наименование	БЧОВ	БЗК	БМК	БМЩ
ТИП	атмосферные			
Количество, шт.	5	3	3	4
Объем, м ³	16	1000	3,3	4
Диаметр, м	3,00	12,3	1,6	1,67
Высота, м	2,73	8,4	1,9	2,05

Насосы системы обессоливания добавочной воды

Насосы обессоленной воды служат для подачи воды:

- на подпитку контуров энергоблоков;
- взрыхление и заполнение ФСД;
- собственные нужды ХВО, СВО, БОУ.

Насосы осветленной воды на собственные нужды катионитовых и анионитовых фильтров предназначены:

- для подачи конденсата к эжекторам кислоты и щелочи;
- приготовления в эжекторах кислоты и щелочи регенерационных растворов;
- регенерации фильтров системы.

Насосы частично обессоленной воды предназначены для разрыва потока обрабатываемой воды между 1-й и 2-й ступенями обессоливания, прокачки частично обессоленной воды через вторую ступень обессоливания, подачи обессоленной воды в БЗК.

Технические характеристики насосов системы приведены в табл. 3.3

Таблица 3.3

Технические характеристики насосов системы

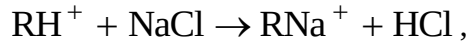
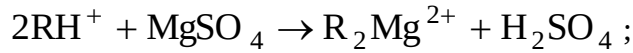
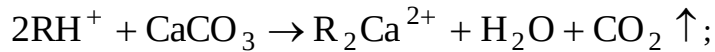
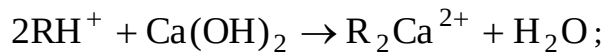
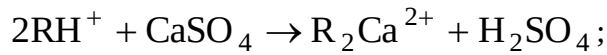
Наименование	НЧОВ	НОВ	НСНК	НСНА
Тип	X160/49-2а	X280/72к-сд	ЦНС-105-98	цннс-60-132
Количество	10	3	2	2
Производительность, м ³ /ч	160	280	105	60
Напор, м вод. ст.	49	72	98	132
Тип привода	A02-82-2	A02-72-4	A02-82-2	A02-81-2
Мощность привода, кВт	55	160	55	40

Процессы обработки воды на ионообменных фильтрах системы. Очистка добавочной воды на фильтрах системы обессоливания основана на методе ионного обмена.

Обработка воды методом ионного обмена основана на способности практически нерастворимых в воде веществ, называемых ионообменными материалами, изменять в желаемом направлении ионный состав воды. Просачиваясь между зернами ионитов, обрабатываемая вода обменивает часть растворенных в ней электролитов на равное количество ионов ионообменной смолы.

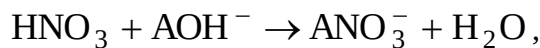
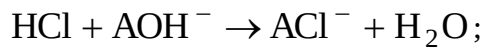
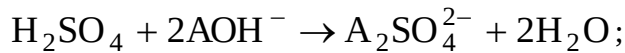
Если в результате обработки воды происходит обмен катионами, такой процесс называется катионированием. В системе обессоливания добавочной воды такой процесс осуществляется на Н_{пр}, Н₁, Н₂.

На Н-предвключенном, Н-1,2 ступени идут следующие реакции:



где R – одновалентный радикал функциональной группы катионита.

Если в результате обработки воды происходит обмен анионами, то такой процесс называется анионированием. Осуществляется такой процесс на анионитовых фильтрах 1-й и 2-й ступени:



где A – условный одновалентный радикал функциональной группы анионита.

Система обессоливания в режиме нормальной эксплуатации

Режим нормальной эксплуатации системы обессоливания

Режим нормальной эксплуатации системы обессоливания включает в себя:

- подготовку к вводу системы;
- обессоливание осветленной воды на цепочках обессоливания;
- глубокое обессоливание частично обессоленной воды на ФСД;
- технологическое обслуживание системы обессоливания.

Подготовка к вводу цепочек обессоливания

Перед включением в работу цепочки производится ее домывка по большой рециркуляции до показателей фильтрата после А_{2ст.}:

- кремнекислота 200 мкг/дм³;
- щелочность по смешанному индикатору 30 мкг/дм³;
- жесткость меньше 2 мкг-экв/дм³.

Перед вводом в работу цепочки производится внешний осмотр фильтров, БЧОВ, насосов ЧОВ, открытие «коренных» вентилях на импульсных трубопроводах к датчикам КИП, проверяется целостность самих КИП.

Ввод в работу цепочек обессоливания

Исходное состояние: цепочка фильтров в режиме большой рециркуляции, фильтры промыты до указанных выше показателей.

Со щита ХВО устанавливается расход осветленной воды 90 м³/ч.

Открываются задвижки на выходе с цепочки.

Закрываются задвижки на линии большой рециркуляции, и устанавливается уровень воды в БЧОВ 90 см.

Подготовка к вводу фильтров смешанного действия

Резервный фильтр смешанного действия вводится в работу в случаях:

- увеличения расхода обессоленной воды через цепочки;
- выхода рабочего ФСД на регенерацию.

Подготовка к вводу

Перед вводом в работу фильтра смешанного действия необходимо произвести внешний осмотр, открыть «коренные» вентили на импульсных трубопроводах к датчикам КИП, проверить целостность самих КИП. Произвести домывку ФСД до показателей:

- содержание SiO_3^{2-} 20 мкг/дм³;
- содержание Cl^- 10 мкг/дм³;
- щелочность 10 мкг/дм³;
- электропроводимость до 0,3 мкСм/см.

Режим работы бака запаса конденсата

Глубоко обессоленная вода после ФСД направляется в баки запаса конденсата, которые являются аккумулирующими емкостями для запаса конденсата, подаваемого на блоки. В режиме нормальной эксплуатации в работе находятся все три БЗК. Включаются приборы, указывающие уровень в БЗК. Химические показатели конденсата БЗК должны соответствовать показателям конденсата после ФСД:

- содержание SiO_3^{2-} 20 мкг/дм³;
- содержание Na^+ 10 мкг/дм³;
- содержание Cl^- 10 мкг/дм³;
- щелочность 10 мкг/дм³;
- электропроводимость 0,3 мкСм/см.

Нормальный уровень, поддерживаемый в БЗК, 6 м.

Режим работы бака ЧОВ

Режим работы баков ЧОВ заключается в обеспечении запаса конденсата для работоспособности насосов БЧОВ. В режиме нормальной эксплуатации в баке ЧОВ поддерживается уровень 1,8 м.

Обслуживание системы обессоливания в режиме нормальной эксплуатации. В процессе обслуживания системы обессоливания в режиме нормальной эксплуатации персонал должен:

- следить за уровнем в баках запаса конденсата, не допускать снижения уровня ниже 2,5 м;
- соблюдать плавный режим работы цепочек, работать без резких изменений ее нагрузки;
- своевременно производить отбор проб и делать химические анализы согласно графику;
- своевременно включать в работу резервную цепочку;
- своевременно включать в работу резервный ФСД;
- контролировать показания приборов на щите ХВО;
- следить за уровнем реагентов, своевременно заполнять резервные баки рабочими растворами кислоты и щелочи;
- вести записи о состоянии оборудования и всех переключениях на оборудовании.

Система обессоливания в режиме функциональных переключений

Регенерация цепочки обессоливания

При регенерации цепочек обессоливания одновременно могут проводиться операции по регенерации цепочки или ФСД только на одной цепочке или на одном ФСД. В порядке технологической последовательности регенерация цепочки включает в себя:

- взрыхление фильтров;
- пропуск реагентов кислоты и щелочи;
- домывку фильтров Н₂ и А₂ ступеней по малой рециркуляции;
- отдельную домывку фильтров Н_{пр}, Н₁, А₁ по рабочей схеме;
- домывку цепочки по большой рециркуляции.

В течение всего времени регенерации цепочки давление на работающих и резервных фильтрах должно быть на 0,5...1,0 атм больше, чем в фильтрах регенерируемой цепочки. Это необходимо для избежания попадания регенерационных растворов в обессоленную воду при неплотностях арматуры и достигается частичным прикрытием клапанов на выходе из А₁ или прикрытием на выходе из А₂. Если перед выводом на регенерацию в

резерве находились две другие цепочки, то одна из них должна быть включена в работу, а другая на период регенерации поставлена на большую рециркуляцию. В этом случае необходимое давление на фильтрах достигается частичным прикрытием клапанов на выходе $A_{1ст.}$

Взрыхление фильтров цепочки

Взрыхление фильтров цепочки необходимо для взрыхления ионитов в целях обеспечения свободного доступа регенерационных растворов ко всем зернам ионита и проведения качественной регенерации. Взрыхление начинается с фильтра $A_{2ст.}$ сразу же после вывода цепочки из работы, а заканчивается $H_{пр.}$ Каждый фильтр взрыхляется водой, получаемой от предыдущего фильтра, при этом вода на взрыхление подается к цепочке по рабочей схеме. При взрыхлении $A_{2ст.}$ в работе находится БЧОВ, а при взрыхлении остальных фильтров БЧОВ и насосы БЧОВ не участвуют.

Расходы воды на взрыхление фильтров составляют:

$H_{пр.} - 120 \text{ м}^3/\text{ч};$	$A_{1ст.} - 90 \text{ м}^3/\text{ч};$
$H_{1ст.} - 120 \text{ м}^3/\text{ч};$	$A_{2ст.} - 80 \text{ м}^3/\text{ч}.$
$H_{2ст.} - 120 \text{ м}^3/\text{ч};$	

Не допускается вынос из фильтров рабочих зерен ионитов размером более 0,3 мм, что контролируется отбором проб по месту.

Продолжительность взрыхления составляет не менее 15 мин для каждого фильтра.

Регенерация фильтров цепочки

По окончании взрыхления фильтров цепочки производится их регенерация.

Для экономии реагентов предусмотрена последовательная регенерация анионитовых и катионитовых фильтров цепочек. Регенерационный раствор сначала подается на фильтры второй ступени, а затем на фильтры первой ступени. В фильтры $H_{пр.}$ регенерационный раствор подается в последнюю очередь. Сброс отрегенированных вод осуществляется в баки-нейтрализаторы системы нейтрализации сбросных вод. Подача регенерационных растворов осуществляется из БМК и БМЩ. Вода на регенерацию подается из БЗК насосами собственных нужд кислоты и щелочи, проходя через эжекторы кислоты и щелочи. Пропуск регенерационных растворов кислоты и щелочи через фильтры осуществляется одновременно. В работе находится один НСНК, один НСНА, один ЭК, один ЭЩ, один БМК и один БМЩ.

Регенерация катионитовых фильтров цепочки

Сначала пропускается 1,5%-й раствор кислоты (половина всего количества кислоты), затем 3%-й раствор кислоты, проходящий последовательно через $H_{2ст.}$, $H_{1ст.}$, $H_{пр.}$, и сбрасывается в один из баков-нейтрализаторов. Расход на регенерацию катионитовых фильтров устанавливается 70 м³/ч. Концентрация регенерационного раствора регулируется по месту. Контроль концентраций осуществляется ручным химанализом и по прибору на месте.

Подача раствора прекращается после пропуска требуемого количества кислоты на одну регенерацию. Это составляет: 1440 кг 100 % H_2SO_4 или 45см 95 % H_2SO_4 по БМК.

Регенерация анионитовых фильтров цепочки

Регенерация анионитовых фильтров цепочки осуществляется пропуском 4%-го раствора щелочи, проходящей последовательно через $A_{2ст.}$, $A_{1ст.}$. Расход на регенерацию анионитовых фильтров устанавливается 50 м³/ч. Концентрация регенерационного раствора регулируется по месту. Контроль концентраций осуществляется ручным химанализом и по прибору на месте.

Подача раствора прекращается после пропуска требуемого количества щелочи на одну регенерацию. Это составляет: 1170 кг 100 % NaOH или 90 см тех. NaOH по БМЩ.

Домывка цепочек и схем пропуска реагентов

Данный режим отмывки соответствует схеме пропуска реагентов, за исключением того, что подача реагентов прекращается. Этот режим заканчивается после достижения щелочности отмывочной воды после $A_{2ст.}$ – 0,5 мг-экв/дм³, кислотности после $H_{2ст.}$ – 0,5 мг-экв/дм³. Отбор проб на анализ производится по месту.

Отмывка по схеме пропуска реагентов осуществляется до показателей, указанных выше.

Отмывка анионитовых и катионитовых фильтров заканчивается одновременно.

Домывка фильтров по малой рециркуляции

Домывка фильтров 2-й ступени по линии малой рециркуляции заключается в фильтровании воды, находящейся в БЧОВ, через фильтры 2-й ступени с подачей фильтрата после $A_{2ст.}$ обратно в БЧОВ. В результате этого домывка ионитов до требуемых показателей осуществляется малым количеством воды.

Режим заканчивается одновременно с окончанием домывки $A_{1ст.}$ по рабочей схеме.

Домывка фильтров по рабочей схеме

Домывка фильтров 1-й ступени по рабочей схеме начинается одновременно с домывкой фильтров 2-й ступени по схеме малой рециркуляции. Сначала домывается $H_{пр.}$ осветленной водой, затем $H_{1ст.}$ водой после $H_{пр.}$ и в последнюю очередь домывается $A_{1ст.}$

водой после $H_{1\text{ст.}}$. Сброс отмывочной воды производится в бак-нейтрализатор регенерационных растворов.

Расход воды на отмывку устанавливается $90 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Домывка заканчивается после достижения следующих показателей:

$H_{\text{пр.}}$	кислотность и жесткость	5 мг-экв/дм^3 ;
$H_{1\text{ст.}}$	кислотность	$2,5-3 \text{ мг-экв/дм}^3$;
$A_{1\text{ст.}}$	щелочность	$3,0 \text{ мг-экв/дм}^3$.

Домывка цепочки по большой рециркуляции

Домывка цепочки по большой рециркуляции осуществляется в целях сокращения расхода воды на домывку фильтров. Режим заключается в фильтровании воды, находящейся в БЧОВ, через все фильтры цепочки с возвратом фильтрата на $H_{\text{пр.}}$. Расход воды устанавливается $90 \text{ м}^3/\text{ч}$. Режим заканчивается после достижения показателей после $A_{2\text{ст.}}$:

- кремнекислота – 200 мкг/дм^3 ;
- щелочность по смешанному индикатору – 30 мкг-экв/дм^3 ;
- щелочность по фенолфталеину – отсутствие;
- жесткость – меньше 2 мкг-экв/дм^3 .

После домывки по полной рециркуляции цепочку можно вводить в работу.

Режим регенерации ФСД

Вывод ФСД на регенерацию производится после истощения ионообменной смолы хотя бы по одному из показателей:

- электропроводимости – $0,3 \text{ мкСм/см}$;
- кремнекислоты – 20 мкг/дм^3 ;
- содержание натрия – 10 мкг/дм^3 .

Перед проведением операций на ФСД необходимо подготовить один из баков-нейтрализаторов.

Регенерация ФСД осуществляется с помощью оборудования выносной регенерации.

Технологическая последовательность выносной регенерации ФСД включает:

- гидроперегрузку истощенной смолы из ФСД в фильтр-регенератор;
- уплотнение ионитов;
- установление встречных потоков воды;
- пропуск кислоты и щелочи;
- отмывку фильтрующего материала по линиям регенерации;
- дренирование водяной подушки;

- перемешивание ионитов сжатым воздухом;
- заполнение фильтра-регенератора водой;
- домывку шихты.

Гидроперегрузка шихты из ФСД в фильтр-регенератор

Гидроперегрузка истощенной шихты осуществляется в фильтр-регенератор. Она производится с расходом $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. После снижения уровня в ФСД ниже смотрового стекла производится перегрузка остатков смолы при помощи воздуха. Во избежание измельчения фильтрующего материала не разрешается производить гидроперегрузку водо-воздушной смесью.

Взрыхление и разделение шихты в фильтре-регенераторе

Данная операция производится обессоленной водой. Вода подводится к нижнему распределительному устройству ФР, а отводится от верхнего распределительного устройства.

Разделение ионитов происходит за счет разных плотностей между катионитом и анионитом, в результате данной операции анионит поднимется вверх, а катионит останется внизу.

Режим взрыхления устанавливается в следующей последовательности:

расход $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин;
 расход $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин;
 расход $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин;
 расход $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 10 мин;
 расход $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин;
 расход $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин;
 расход $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 5 мин.

После выполнения операций по взрыхлению и разделению шихты осуществляется уплотнение ионитов.

Уплотнение ионитов в фильтре-регенераторе

Уплотнение ионитов необходимо для совмещения границы раздела катионита и анионита с плоскостью СРУ (среднего распределительного устройства). Оно заключается в пропуске воды через иониты сверху вниз от ВРУ к НРУ с расходом $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение 5 мин.

Затем устанавливается расход воды $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение 5 мин. После этого закрывается вся арматура в обвязке фильтра-регенератора.

Установление встречных потоков обессоленной воды

Встречные потоки устанавливаются в фильтре-регенераторе от ВРУ и НРУ к СРУ. Потоки устанавливаются по линиям кислоты и щелочи через ЭК с расходом $15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Этот режим является подготовительным для осуществления пропуска кислоты и щелочи. Сначала устанавливается расход от ВРУ к СРУ по линии щелочи, затем устанавливают расход от НРУ к СРУ по линии кислоты. В СРУ оба потока смешиваются и направляются в систему нейтрализации. Расход воды контролируется по расходомерам. После установления встречных потоков сразу же переходят к вводу реагентов.

Пропуск кислоты и щелочи

Режим пропуска кислоты и щелочи от БМК и БМЩ к ЭК и ЭЩ организуется при сохранении прежнего режима. Концентрации 5%-го регенерационного раствора щелочи и 4%-го регенерационного раствора кислоты устанавливаются клапанами с баков концентрированных растворов кислоты и щелочи.

Контроль осуществляется ручным химанализом и по концентратомером. Подача кислоты и щелочи прекращается после ввода 480 кг кислоты и 390 кг щелочи, что составляет снижение уровня в БМК на 18 см и в БМЩ на 30 см.

Перед подачей щелочи необходимо убедиться, что эжектор создает вакуум путем открытия задвижек на связи с атмосферой.

После закрытия воздушника открывается клапан и регулируется концентрация регенерационного раствора до 4 %.

Затем ручным химконтролем путем открытия пробоотборов на фильтре-регенераторе контролируется концентрация регенерационных растворов.

После пропуска необходимого количества реагентов, указанного ранее, переходят к отмывке шихты по линии регенерации.

При проведении регенерации давление на работающих ФСД должно быть на 1,0...1,5 атм больше, чем на фильтре-регенераторе.

Отмывка шихты по линиям регенерации

Отмывка шихты по линиям регенерации устанавливается отключением подачи концентрированного раствора кислоты и щелочи.

Режим заканчивается после достижения щелочности или кислотности пробы, взятой из СРУ, 0,3 мг-экв/кг. Однако продолжительность отмывки должна быть не менее 90 мин.

Перемешивание ионитов сжатым воздухом

Перемешивание ионитов сжатым воздухом осуществляется подачей сжатого воздуха к НРУ и отводом его на ВРУ. Контроль перемешивания ведется по давлению воздуха, которое должно быть 1,2 атм по выходу воздуха из воздушника. Продолжительность перемешивания 5 минут.

По окончании перемешивания ионитов сжатым воздухом фильтр-регенератор заполняется водой.

Домывка ионитов

Домывка ионитов проводится подачей воды от цепочек по рабочей схеме через ВРУ и сбросом ее через НРУ ФР в БН. Расход устанавливается 30...40 м³/ч. Окончание домывки определяется ручным химконтролем по достижении следующих показателей:

содержание кремневки SiO_3^{2-} – 20 мкг/дм³;

содержание натрия Na^+ – 10 мкг/дм³;

щелочность – 10 мкг-экв/дм³;

электропроводимость – 0,3 мкСм/см;

содержание Cl^- – 10 мкг/дм³.

Расход воды на домывку составляет 30...40 м³/ч.

Домывка осуществляется до показателей химического анализа, указанных выше.

Гидроперегрузка шихты из ФР в ФСД

Гидроперегрузка шихты осуществляется для создания резерва ФСД или для ввода резервного ФСД в работу.

Операция начинается после разборки схемы домывки шихты.

По окончании гидроперегрузки шихты из ФР в ФСД производится домывка последней в ФСД в такой последовательности:

дренирование водяной подушки в ФСД;

перемешивание сжатым воздухом;

заполнение ФСД водой;

домывка ФСД по рабочей схеме.

Домывка шихты в ФСД осуществляется до следующих показателей:

содержание кремневки SiO_3^{2-} – 20 мкг/дм³;

содержание натрия Na^+ – 10 мкг/дм³;

щелочность – 10 мкг-экв/дм³;

электропроводимость – 0,3 мкСм/см;

содержание Cl^- – 10 мкг/дм³.

РАЗДЕЛ 4. БЛОЧНАЯ ОБЕССОЛИВАЮЩАЯ УСТАНОВКА

4.1. Назначение, состав и устройство обессоливающей установки

Конденсат из турбин является основной составляющей питательной воды ядерной установки, поэтому очистка конденсата является по существу и очисткой питательной воды.

Конденсатоочистки предназначены для удаления из воды продуктов коррозии, количество которых особенно велико при пуске блока, и водорастворимых веществ, включая углекислый газ. Коэффициент обезжелезивания конденсатоочистки - около 5, коэффициент обессоливания - не менее 10.

Турбоустановка (Рис. 4.1) включает в себя конденсаторы турбины, конденсатные насосы первой ступени (КЭН-1), блочную обессоливающую установку (БОУ), конденсатные насосы второй ступени (КЭН-2), подогреватели низкого давления (ПНД), деаэраторы, турбопитательные насосы (ТПН), подогреватели высокого давления (ПВД), парогенераторы (ПГВ-1000), межтрубную часть, турбину.

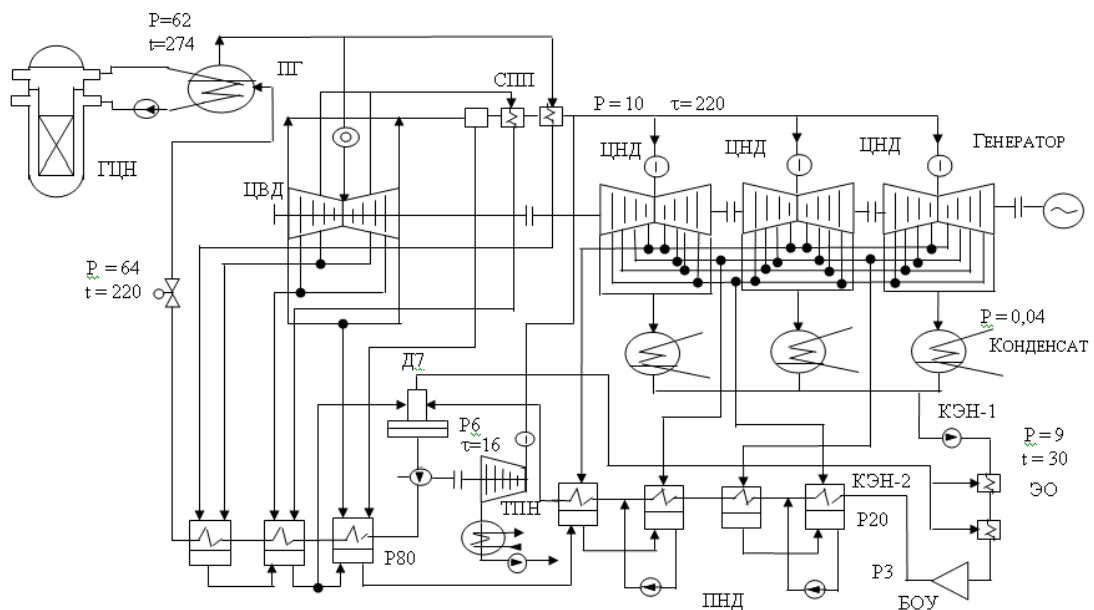


Рис. 4.1. Принципиальная тепловая схема турбоустановки К-1000-60/1500-2

Конденсат из конденсатора турбины поступает на всас конденсатных насосов 1-й ступени (КЭН-1). Насосами КЭН-1 конденсат прокачивается через БОУ, на которой очищается от загрязнений (растворимых солей и взвешенных частиц).

После БОУ конденсат прокачивается конденсатными насосами 2-й ступени (КЭН-2) через подогреватели низкого давления и поступает в деаэратор. В деаэраторе конденсат очищается от кислорода и углекислоты и направляется на турбопитательные насосы (ТПН). ТПН прокачивают питательную воду через подогреватели высокого давления

(ПВД) и подают ее в межтрубное пространство парогенераторов. В парогенераторах питательная вода превращается в пар и поступает на турбину. Турбина вращает генератор, а последний вырабатывает электрическую энергию.

В общем виде (рис. 4.2) блочная обессоливающая установка состоит из электромагнитного фильтра (ЭМФ), пяти параллельно включенных фильтров смешанного действия (ФСД), ловушек зернистых материалов, регенерационной установки.

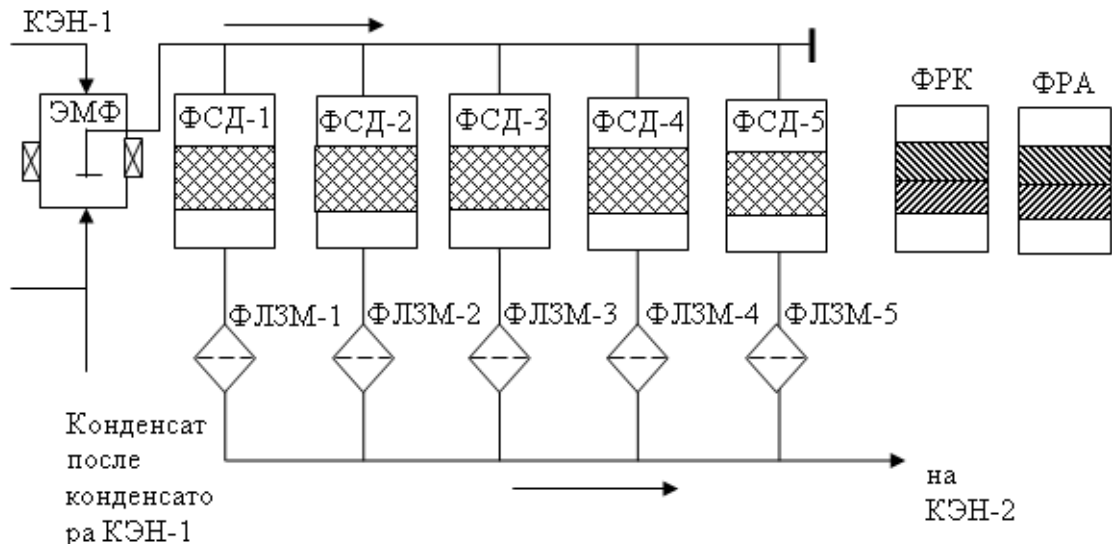


Рис. 4.2. Схема блочной обессоливающей установки:
 ЭМФ – электромагнитный двухпоточный фильтр; ФСД-1...5 – фильтр смешанного действия;
 ФЛЗМ-1...5 – фильтр-ловушка зернистых материалов; ФРК – фильтр-регенератор катионита;
 ФРА – фильтр-регенератор анионита

Электромагнитный фильтр предназначен для улавливания ферромагнитных соединений Fe_3O_4 , а также других форм из очищаемого турбинного конденсата. В фильтр загружены мягко магнитные шарики диаметром 6 мм. При наложении электромагнитного поля ферромагнитные загрязнения воды перемещаются к магнитным полюсам шариков, где и отлагаются. Немагнитные окислы железа и другие загрязнения в большей мере адсорбируются отложившимися магнитными окислами железа.

Фильтры смешанного действия предназначены для глубокого обессоливания конденсата, которое осуществляется в смешанном слое катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8, загруженных в ФСД в соотношении 1: 1,5.

На катионите улавливаются катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , а на анионите – анионы SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , SiO_3^{2-} . Кроме того, фильтры смешанного действия задерживают частично и взвешенные вещества, которые проскочили через ЭМФ.

Использование ФСД в качестве заключительной стадии обработки конденсата требует защиты тракта от попадания в него зернистых материалов вследствие выноса их

из фильтров при возникновении дефектов дренажной системы или за счет измельчения фильтрующей загрузки.

Для этой цели используют фильтры-ловушки, действующие по принципу «перфорированная труба в трубе». Механические частицы, попадая в фильтр-ловушку, задерживаются на сетке, что вызывает рост перепада давления в ловушке. Ловушки расположены на каждом ФСД и оборудованы приборами, сигнализирующими о выносе из ФСД катионита или анионита.

Использование ФСД в составе конденсатоочисток блочных обессоливающих установок требует обязательного сооружения специальной установки для регенерации отработанной смешанной шихты. Эта установка называется регенерационной (рис. 4.3).

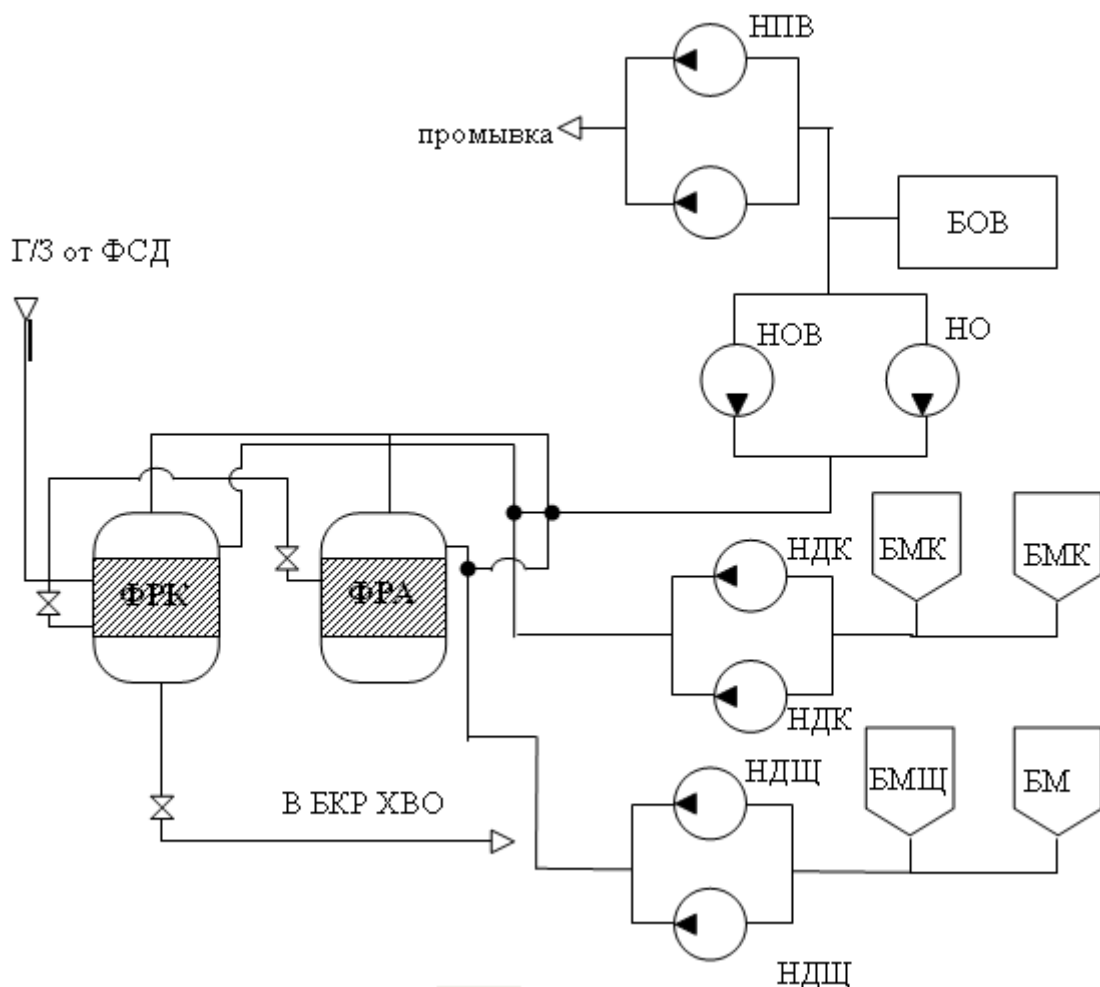


Рис. 4.3. Схема регенерационной установки

В состав регенерационной установки входят:

- бак отмычных вод (БОВ);
- фильтр-регенератор катионита (ФРК);
- фильтр-регенератор анионита (ФРА);

- баки-мерники кислоты и щелочи (БМК, БМЩ);
- насосы промывочной воды (НПВ);
- насосы отмывочных вод (НОВ);
- насосы-дозаторы кислоты и щелочи (НДК, НДЩ);
- дренажный бак (БДВ);
- дренажный насос (НДВ).

Разделение фильтров на рабочие (ФСД) и регенерационные (ФРК и ФРА) исключает возможность контакта регенерационных растворов с обрабатываемым конденсатом.

Бак отмывочных вод предназначен для накопления в нем обессоленной воды, расходуемой на собственные нужды. Заполнение БОВ производится с химводоочистки (ХВО).

Фильтр-регенератор катионита предназначен для восстановления катионита КУ-2-8, фильтр-регенератор анионита - для восстановления анионита АВ-17-8.

Баки-мерники кислоты и щелочи предназначены для подачи в них серной кислоты и едкого натра, а также для определения количества реагентов, израсходованных на регенерацию. Подача концентрированных реагентов в БМК и БМЩ осуществляется из склада кислоты и щелочи системы химводоочистки.

Дренажный бак предназначен для сбора дренажных вод регенерационной установки. Собираемые в дренажный бак дренажи откачиваются насосом перекачки дренажных вод в баки радиационного контроля системы ХВО.

Насосы промывочной воды ЭМФ предназначены для подачи воды из БОВ на промывку шариковой загрузки ЭМФ. Сброс промывочной воды из ЭМФ осуществляется в бак сброса отмывочных вод механических фильтров системы ХВО.

Насосы отмывочных вод предназначены для подачи воды из БОВ на выполнение операций по восстановлению шихты ФСД.

Насосы-дозаторы кислоты и щелочи предназначены для подачи концентрированных реагентов на приготовление регенерационных растворов для регенерации шихты в регенераторах ФРК и ФРА.

4.2. Характеристика оборудования БОУ и его конструкция

Характеристика основного оборудования БОУ приведена в табл.4.1, 4.2, 4.3.

Таблица 4.1

Характеристика фильтров

Наименование	ЭМФ	ФСД	ФЛ	ФРК	ФРА
Количество, шт.	1	5	5	1	1
Производительность, м ³ /ч	3600	900	900	-	-
Рабочее давление, атм	16	16	16	6	6
Диаметр, мм	1600	2600	600	2600	2600
Площадь фильтрования, м ²	1,8 х 2	9,1	-	5,25	5,25
Высота, мм	7,200	6675	-	860	1340
Высота фильтрующего слоя, мм	2300	950	-	860	1340
Фильтрующий материал	Стальные шарики	КУ-2-8, АВ-17-8	-	КУ-2-8	АВ-17-8
Размер шариков, зерен, мм	4...8	0,3...1,2	-	0,3...1,2	0,3...1,2
Объем загружаемого ионита, м ³	4,1	14,5	-	4,4	7,0

Таблица 4.2

Характеристика емкостей

Наименование	БОВ	БДВ	БМК	БМЩ
Тип	Атмосферные			
Количество, шт.	1	1	2	2
Объем, м ³	160	1	3	3
Диаметр	5450	1060	1350	1350

Таблица 4.3

Характеристика насосов

Наименование	НПВ	НОВ	НДК	НДЦ	НДВ
	Центробежные		Плунжерные		Центробежные
Тип, марка	Д800-57	ЧК-89	НД1000/10	НД1600/10	Х03/40
Количество, шт.	2	2	2	2	1
Производительность, м ³	800	90	1	1.6	3
Напор, мм вод. ст.	57	55	100	100	40
Число оборотов, об/мин	1450	2900	1500	1500	2900
Тип привода	АВ-315МЧ	А02-71-2	А02-31-4	А02-32-4	ЧА100-52
Мощность привода, кВт	200	22	2.2	3	4

4.3. Контрольно-измерительные приборы и устройства блочной обессоливающей установки

Оборудование БОУ оснащено контрольно-измерительными приборами для измерения давления, расхода, температуры, электропроводности конденсата.

Давление измеряется с помощью манометров. Манометры установлены на ЭМФ, ФСД, регенерационной установке и на всех насосах.

На трубопроводе основного конденсата перед БОУ установлен прибор, показывающий температуру конденсата перед БОУ. Контроль температуры является очень важным, так как рабочая температура анионита в ФСД не должна превышать 45 °С.

Приборы для измерения расхода (расходомеры) позволяют постоянно контролировать расход основного конденсата через ЭМФ, ФСД, ФРА.

Качество очистки конденсата на ФСД контролируется кондуктометрами. Это приборы, предназначенные для непрерывного определения концентрации растворов электролитов по их электрической проводимости; кондуктометры показывают качество очистки конденсата в работающем ФСД и позволяют своевременно определить выход шихты ФСД на регенерацию.

4.4. Технология очистки конденсата на БОУ

Главными составляющими воды второго контура являются турбинный конденсат и конденсат греющего пара регенеративных подогревателей ПНД, ПВД, ПСВ.

Загрязнения в конденсат турбин в виде как растворенных солей, так и взвесей могут поступать из охлаждающей конденсатором сырой воды в результате проскоков ее через неплотности в конденсаторах. Основную массу нерастворимых загрязнений составляют продукты коррозии конструкционных материалов пароводяного тракта, в первую очередь окислы железа, меди, цинка.

К растворимым загрязнениям относятся соли кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), натрия (Na^+), кремневая и угольная кислоты, хлориды, сульфаты.

Очистка конденсата в схеме БОУ предусматривает две последовательные стадии: очистка от взвешенных примесей и удаление растворенных веществ.

От взвешенных загрязнений конденсат освобождается на первой ступени в электромагнитном фильтре (рис. 4.4).

Применение магнитного способа очистки основано на том, что в турбинном конденсате оксиды железа находятся главным образом в виде ферромагнитных частиц Fe_3O_4 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и $\delta\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Пройдя через электромагнитное поле в ЭМФ, они становятся постоянными магнитами и соединяются между собой, образуя укрупненные флоккулы, которые взаимодействуют с полюсами шариковой загрузки ЭМФ и задерживаются на поверхности шариков.

Очистка конденсата от растворенных примесей осуществляется в фильтрах смешанного действия (ФСД), содержащих катионит и анионит в одном фильтре. Очистка конденсата от растворимых примесей основана на применении ионообменных реакций, протекающих на поверхности твердых материалов.

Сущность ионного обмена заключается в извлечении из водных растворов различных ионов посредством обмена их на другие ионы, входящие в состав фильтрующих материалов ионитов (рис. 4.5, 4.6).

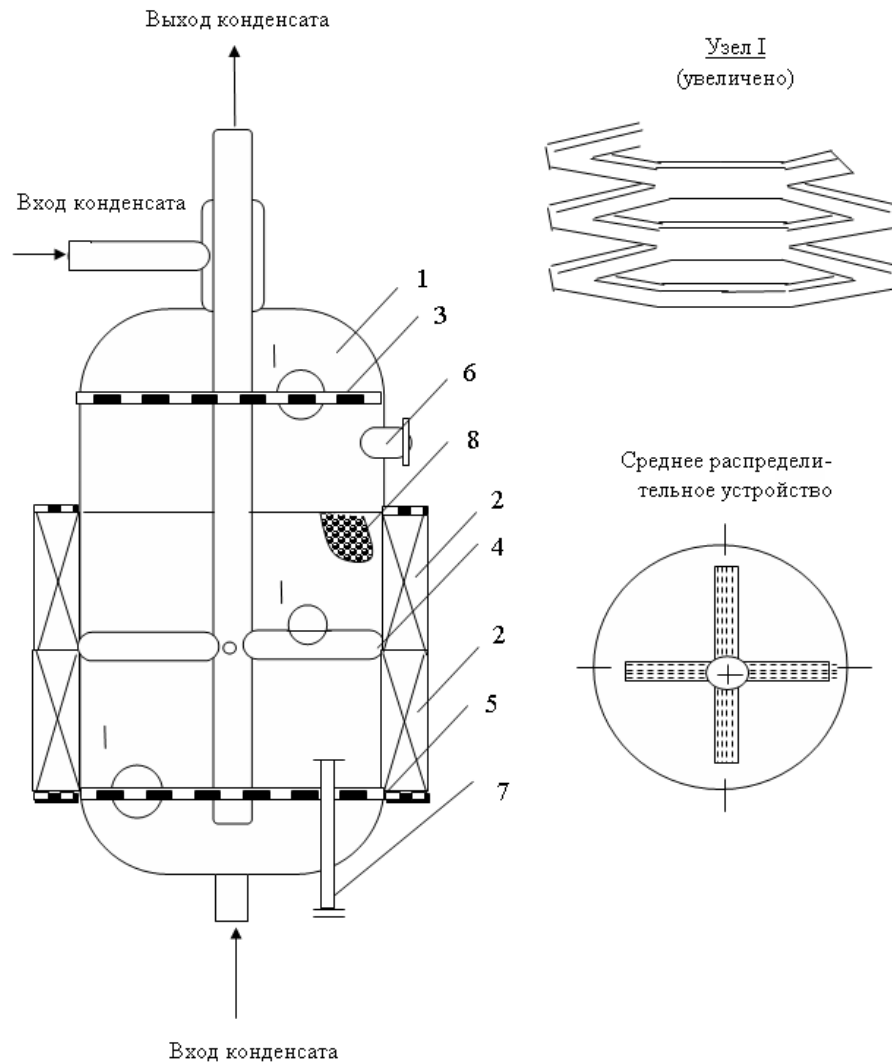


Рис. 4.4. Электромагнитный фильтр БОУ:

- 1 – корпус; 2 – электромагнитная катушка; 3 – верхнее распределительное устройство;
 4 – среднее распределительное устройство; 5 – нижнее распределительное устройство; 6 – люк-лаз;
 7 – штуцер для выгрузки шариков; 8 – шариковая загрузка

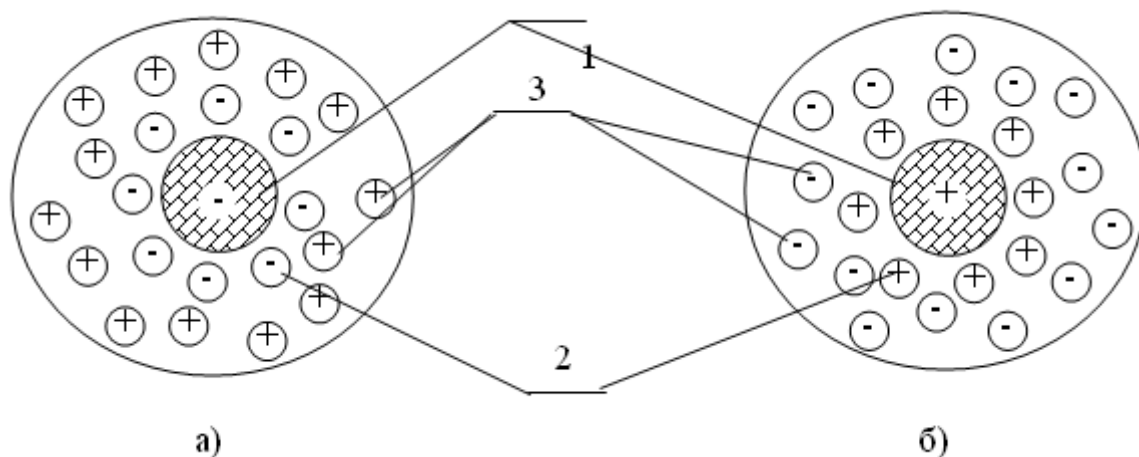


Рис. 4.5. Схема структуры молекулы ионита:
а — катионит; б — анионит; 1 — твердый многоатомный каркас ионита; 2 — связанные с каркасом неподвижные ионы активных групп; 3 — ограниченно подвижные ионы активных групп, способные к обмену

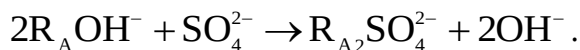
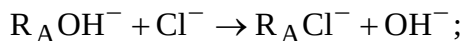
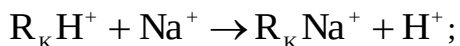
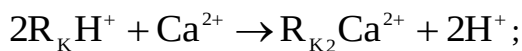
Иониты делятся на два класса: катиониты и аниониты.

В фильтрах смешанного действия применяются сильноокислотный катионит КУ-2-8 и сильноосновной анионит АВ-17-8.

Важной особенностью ионитов является их полная нерастворимость в воде, обусловленная сложностью структуры радикала, который и составляет твердую фазу ионита. Упрощенную химическую формулу катионита можно записать в виде $R_k^+ H^+$, где R_k^+ — радикал, H^+ — обмениваемый ион. Анионит можно представить в виде $R_a^- OH^-$, где R_a^- — радикал, OH^- — гидроксильная группа, которая обменивает анионит.

Из конденсата необходимо удалить катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ и анионы SO_4^{2-} , HCO_3^- , $HSiO_3^-$.

Реакции, протекающие на ионитах, можно записать в следующем виде:



По электрохимической подвижности ионы располагаются в следующие ряды:

- катионы: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > NH_4^+ > Na^+ > H^+$;

- анионы: $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^- > HSiO_3^- > OH^-$.

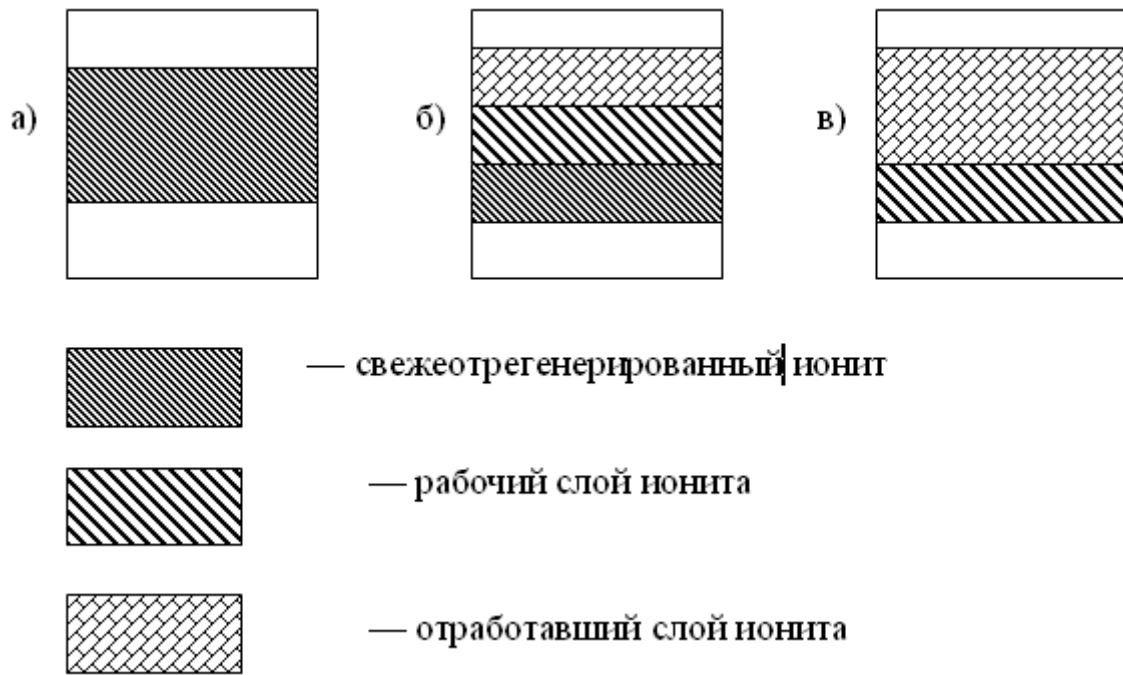


Рис. 4.6. Условное изображение процесса сорбции (поглощения) ионов во время работы фильтра:
а – начало работы; б – через некоторый период; в – конец работы

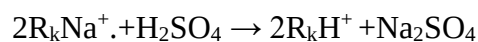
Впереди стоящие ионы вытесняют из катионитов и анионитов следующие в ряду ионы, поэтому первыми в фильтрате появляются катионы Na^+ и анионы HSiO_3^- при насыщении ионитов.

По концентрации Na^+ и HSiO_3^- в фильтрате после ФСД определяют время вывода фильтра из работы. Для повторного использования, истощенного (т.е. утратившего обменные ионы H^+) катионита надо вытеснить сорбированные ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , заменив их на обменные ионы водорода H^+ .

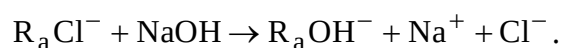
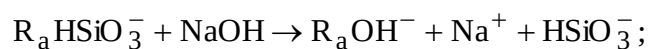
Этот процесс называется регенерацией (восстановление обменной емкости).

Регенерация катионита производится 4%-м раствором серной кислоты.

Химизм процесса регенерации можно записать следующей реакцией:



Анионит регенерируется 4%-м раствором едкого натра:



В связи с малой активностью анионов HSiO_3^- , HCO_3^- вывод анионита на регенерацию определяют по проскоку хлоридов Cl^- .

В фильтрах смешанного действия фильтрование воды осуществляется через слой, состоящий из равномерной смеси сильнокислотного катионита КУ-2-8 в H^+ -форме и сильнокислотного анионита АВ-17-8 в OH^- -форме. На зернах катионита протекают процессы обмена катионов на ион H^+ , на зернах анионита – процессы обмена анионов на ион OH^- .

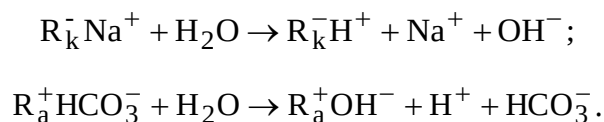
Перешедшие в конденсат H^+ OH^- и связываются в молекулу воды H_2O . В смешанном слое происходит глубокое обессоливание за счет образующейся цепочки, состоящей из большого числа последовательно включенных ступеней H^+ и OH^- фильтров.

Регенерация катионита и анионита производится на специальной регенерационной установке (выносная регенерация). Шихту из ФСД удаляют в фильтр-регенератор катионита, где взрыхляют, разделяют катионит и анионит (анионит, как более легкий, поднимается вверх), затем перегружают в фильтр-регенератор анионита.

В результате отработанные катионит и анионит находятся в отдельных фильтрах, что позволяет пропускать регенерационные растворы и отмывать шихту по обычной технологии.

Важной особенностью ионитов является их способность к гидролизу. Такое условие создается, когда часть ионитов находится в солевой форме, то есть истощение по какому-либо иону.

В общем виде гидролиз идет по уравнениям



Происходит как бы частичная регенерация ионитов чистой водой, особенно это проявляется при длительном нахождении фильтра в резерве. Концентрация кислоты и щелочи может стать значительной, поэтому перед включением ФСД в работу из резерва их обязательно отмывают обессоленной водой.

Схема БОУ позволяет:

1. Проводить очистку всего турбинного конденсата сначала на ЭМФ, затем на ФСД.
2. Отключать ЭМФ и пропускать весь конденсат мимо ЭМФ на очистку ФСД.
3. Очищать весь конденсат только на ЭМФ помимо ФСД.
4. Пропускать весь конденсат мимо БОУ перед включением системы в работу.

4.5. Техническое обслуживание БОУ. Общие положения

Надежность и экономичность оборудования зависят от уровня подготовки, ответственности и дисциплинированности обслуживающего персонала.

Действия, которые должен выполнять персонал в различных производственных ситуациях, подробно описаны в инструкциях по эксплуатации блочной обессоливающей установки.

При нормальной работе БОУ условия ее обслуживания спокойные, ритм – монотонный.

В случае возникновения аварийных ситуаций темп работы резко возрастает, отдельные операции требуется выполнять быстро, в строго заданной последовательности. Поэтому последовательность операций необходимо не только запомнить, но и закрепить тренировками с имитацией аварийных ситуаций на тренажере химического цеха.

Техническое обслуживание БОУ включает в себя:

- подготовку и пуск ЭМФ, ФСД в работу из резерва или после ремонта;
- промывку ЭМФ;
- заполнение бака отмывочных вод обессоленной водой;
- заполнение баков-мерников кислотой и щелочью;
- регенерацию и промывку ФСД.

Подготовка и пуск БОУ в работу из резерва или после ремонта

При нахождении в резерве ФСД и ЭМФ загружены отрегенированными и отмытыми фильтрующими материалами и заполнены водой.

Включение ФСД производится согласно инструкции по эксплуатации БОУ.

При включении ФСД в работу необходимо помнить, что:

- включение и отключение ФСД производится по бланку переключений;
- перед включением ФСД должен быть отмыт (отмывка шихты производится в ФСД по схеме БОВ – НОВ – ФСД – БРК с расходом $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ по электропроводности $0,3 \text{ мкСм/см}$ и концентрации ионов Na^+ не более 3 мкг/кг).

После окончания домывки необходимо убедиться, что ФСД полностью заполнен химобессоленной водой и воздух из ФСД удален. Если не удалить из ФСД воздух, то после пуска ФСД этот воздух попадает на всас КЭН-2, что может привести к срыву давления на насосах и к остановке блока.

Включение в работу ФСД производится в следующей последовательности:

- открывается задвижка на выходе из ФСД;
- открывается задвижка на подаче конденсата сверху;
- медленным открытием регулятора устанавливается расход в ФСД сверху $400 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- через 10...15 мин открытием входной задвижки снизу плавно нагружается ФСД до 300 м³/ч;
- выравнивается нагрузка в ФСД так, чтобы подача конденсата сверху была на 100...150 м³/ч больше, чем снизу.

После включения ФСД в работу необходимо проверить показания всех приборов, установленных на ФСД и ловушке, при этом убедиться, что:

- перепад давления на ловушке не более 1,5 кгс/см²;
- электропроводность не более 0,3 мкСм/см;
- расходомер показывает действительный расход конденсата через ФСД.

Данные параметры заносят в суточную ведомость и докладывают начальнику смены ХЦ и ТЦ об окончании работы по пуску ФСД.

Включение ЭМФ в работу производится после его промывки и составления бланка переключений. ЭМФ включается открытием арматуры на входе и выходе, подачей напряжения на катушки ЭМФ, закрытием байпаса мимо ЭМФ.

Работа блочной обессоливающей установки на рециркуляцию в конденсатор продолжается до окончания отмывки обессоленного конденсата после БОУ до следующих показателей:

- электропроводность 0,3 мкСм/см;
- C_{Na^+} 5 мкг/кг;
- $C_{HSiO_3^-}$ 20 мкг/кг;
- $C_{Fe^{3+}}$ 100 мкг/кг (при пуске блока из холодного состояния).

Обслуживание БОУ во время работы

Обслуживание блочной обессоливающей установки во время работы включает в себя:

- технологический и химический контроль оборудования БОУ;
- обход оборудования при приеме смены и в течение смены;
- запись в специальном журнале выявленных дефектов оборудования;
- переключение ФСД, при необходимости включение резервного ФСД, отключение работающего на регенерацию или промывку;
- регенерацию истощенной шихты ФСД;
- промывку ЭМФ;
- вызов дежурного персонала других цехов при обнаружении дефектов;
- контроль уровней в БОУ, БДВ, БМК, БМЩ, своевременное заполнение БОВ обессоленной водой, БМК и БМЩ - кислотой и щелочью.

При работе БОУ необходимо проводить регулярные обходы по заранее разработанному маршруту, осматривать ЭМФ, ФСД, трубопроводы, вспомогательное оборудование, контролировать и записывать необходимые показания приборов.

Внешний осмотр оборудования позволяет обнаружить механические повреждения, выявить трещины в трубопроводах, судить о нормальной работе насосов.

При номинальной нагрузке блока в работе должны находиться электромагнитный фильтр и пять фильтров смешанного действия в зависимости от качества конденсата во втором контуре.

Один ЭМФ обеспечивает при этом очистку всего конденсата с производительностью 3600 м³/ч. Нагрузка каждого ФСД составляет 700 м³/ч. Минимальная нагрузка ФСД допускается 300 м³/ч.

На период проведения промывки ЭМФ кратковременно отключается, и весь конденсат пропускается мимо ЭМФ. При этом он очищается только на ФСД. Одновременно может производиться или промывка ЭМФ, или замена истощенной шихты одного ФСД. На период регенерации истощенной шихты ФСД в работе остаются четыре фильтра смешанного действия.

При оптимальном режиме работы БОУ очищенный конденсат имеет следующие показатели:

- pH	6,8...7,0;
- натрий, C_{Na^+}	1...2 мкг/кг;
- хлориды, C_{Cl^-}	1...2 мкг/кг;
- электропроводность	0,1...0,2 мкСм/см;
- медь, $C_{Cu^{2+}}$	1...2 мкг/кг;
- железо, $C_{Fe^{3+}}$	10...15 мкг/кг.

Вывод ЭМФ на промывку осуществляется:

- по увеличению перепада давления на ЭМФ на 10 % по сравнению с первоначальным ($p > 2,5$ кгс/см²);
- проскоку железа, равному 90 % исходного;
- продолжительности фильтрации, фильтроцикл не должен превышать 1000000 м³ конденсата.

Промывка ЭМФ включает в себя выполнение следующих операций:

- 1) оформление бланка переключений;
- 2) вывод ЭМФ из работы;
- 3) размагничивание катушки ЭМФ и ее обесточивание;

- 4) включение НПВ, открытие промывочных задвижек и промывка ЭМФ;
- 5) закрытие промывочных задвижек и отключение НПВ;
- 6) подача напряжения на катушку ЭМФ в работу.

Промывка ЭМФ может выполняться вручную. В качестве промывочной воды используется вода из БОВ, подаваемая с полным расходом двух НПВ 1400 м³/ч. Сброс отработанной промывочной воды осуществляется в БОМ на ХВО. Продолжительность промывки 100 с.

Если промывка выполняется вручную, то вывод ЭМФ из работы производится дистанционным открытием байпаса ЭМФ и закрытием арматуры на входе и выходе. Включение ЭМФ в работу после промывки осуществляется в обратном порядке.

Промывка ЭМФ в дистанционном режиме осуществляется после нажатия кнопки «Промывка» в следующем порядке:

- 1) открывается задвижка на байпасе, закрываются рабочие задвижки, и весь поток очищаемого конденсата направляется на ФСД помимо ЭМФ;
- 2) размагничивается катушка ЭМФ в течение 2 мин, после чего она обесточивается;
- 3) открываются промывочные задвижки, и включается НВП; ЭМФ промывается в течение 100 с с момента полного открытия задвижек;
- 4) закрываются задвижки на выдаче насосов, отключается НВП, и закрываются промывочные задвижки;
- 5) подается напряжение на катушку ЭМФ, открываются рабочие задвижки, и закрывается байпас ЭМФ.

На мнемосхеме выполнение операций промывки сопровождается свечением соответствующих табло, по которым проверяется правильность выполнения операций.

Обслуживание регенерационной установки

При истощении смешанного слоя в рабочем ФСД включается в работу резервный ФСД, а отработавший ФСД отключается на регенерацию. Одновременно может производиться регенерация шихты только на одном ФСД.

Вывод ФСД на регенерацию производится после увеличения в обессоленном конденсате хотя бы одного из следующих показателей до величины:

- электропроводность 0,3 мкСм/см;
- содержание хлоридов C_{Cl^-} 3 мкг/кг;
- содержание натрия C_{Na^+} 4 мкг/кг.

В порядке технологической последовательности регенерация шихты состоит из следующих операций:

- 1) вывод ФСД из работы;
- 2) гидropерегрузка истощенной шихты из ФСД в ФРК;
- 3) взрыхление и разделение шихты в ФРК;
- 4) уплотнение ионитов в ФРК;
- 5) перегрузка анионита из ФРК в ФРА;
- 6) пропуск кислоты и щелочи в ФРК и ФРА;
- 7) отмывка по линии регенерации катионита и анионита;
- 8) гидropерегрузка катионита из ФРК в ФРА;
- 9) совместная отмывка шихты в ФРК;
- 10) гидropерегрузка отрегенированной шихты из ФРК в ФСД;
- 11) дренирование ФСД до уровня сигнальной трубки;
- 12) перемешивание ионитов сжатым воздухом;
- 13) заполнение ФСД конденсатом;
- 14) домывка шихты в ФСД;
- 15) включение ФСД в работу.

Вывод ФСД из работы выполняется постепенным закрытием задвижки на подаче конденсата снизу, а затем регулирующего клапана на входе конденсата в верхнюю часть так, чтобы нагрузка на других ФСД возрастала с допустимой скоростью ($200 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение 1 мин). После снижения нагрузки до нуля закрываются задвижки на входе и выходе ФСД.

После отключения ФСД необходимо убедиться, что все задвижки закрылись полностью. Закрытие задвижек определяется косвенно по давлению в отключенном ФСД. Показания всех манометров на отключенном ФСД должны быть равны нулю.

Если манометры показывают остаточное давление, необходимо открыть воздушник на ФСД и снизить давление до нуля. При полностью закрытой арматуре через некоторое время конденсат перестанет течь из воздушника и давление на манометрах упадет до нуля. Затем закрыть воздушник.

После отключения ФСД необходимо проверить на оставшихся в работе ФСД:

- давление;
- расход;
- электропроводность;
- перепад «вход-выход на ФСД»;
- перепад между слоями.

Если показания приборов превысили установленные пределы, необходимо разгрузить данный ФСД.

После отключения ФСД на регенерацию шихта (катионит и анионит) перегружается в ФРК, в котором с помощью взрыхляющей промывки происходит разделение шихты на слой катионита и анионита.

При взрыхлении анионит, имеющий меньшую плотность, поднимается вверх, а катионит, имеющий большую плотность, опускается.

После разделения анионит перегружают в ФРА и проводят отдельную регенерацию катионита и анионита. В процессе регенерации необходимо обеспечить более полное разделение слоев катионита и анионита. В противном случае при регенерации анионита раствором NaOH зерна катионита, попавшие в ФРА, перейдут в натриевую форму, что приведет к уменьшению фильтроцикла ФСД.

Гидровыгрузка истощенной шихты из ФСД и ФРК осуществляется по схеме

БОВ – НОВ – ФСД – ФРК – БРК (с расходом 45 м³/ч).

Давление в ФРК должно составлять 1,5...2,0 кгс/см², а в ФСД – 0,5...1,0 кгс/см². Продолжительность гидровыгрузки составляет примерно 30 мин, контроль осуществляется по смотровым стеклам на ФРК. По окончании гидроперегрузки фильтрующего материала необходимо подренировать ФРК и перемешать шихту сжатым воздухом в течение 5 мин.

Взрыхление и разделение ионитов в ФРК производится водой из БОВ с включением одного НОВ. Вода подается в НРУ ФРК, а сбрасывается через ВРУ в БРК на ХВО.

При этом устанавливается следующий режим взрыхления:

- расход 15 м³/ч – 5 мин;
- расход 30 м³/ч – 5 мин;
- расход 45 м³/ч – 5 мин;
- расход 60 м³/ч – 15 мин (либо до прозрачности воды 90 % на выходе из ВРУ, но не менее 10 мин);
- расход 45 м³/ч – 5 мин;
- расход 30 м³/ч – 5 мин;
- расход 15 м³/ч – 5 мин.

Регулирование расхода осуществляется арматурой перед ФРК. При взрыхлении не допускается вынос рабочих зерен размером более 0,3 мм, что контролируется визуально отбором проб по месту.

Гидроперегрузка анионита из ФРК в ФРА осуществляется по замкнутой схеме

БОУ – НОВ – СРУ – ФРА – БРК (с расходом 35 м³/ч).

Одновременно через ВРУ ФРК устанавливается дополнительный расход 10 м³/ч. Расход регулируется арматурой перед ФРК. Опорожнение ФРК не допускается. Давление

в нем должно составлять 1,5...2,0 кгс/см². Продолжительность операции примерно 20 мин (точно оно устанавливается по смотровому окну ФРК).

После окончания операции промывается линия гидроперегрузки через НОВ с расходом 15...20 м³/ч.

Пропуск РРЦ и РРК может производиться как одновременно, так и отдельно по времени со сбросом в один или разные БРК. Расход кислоты и щелочи на регенерацию выбирается из условий нормального восстановления ионитов и обеспечения взаимной нейтрализации кислых и щелочных стоков.

Сначала устанавливаются потоки воды на разбавление кислоты и щелочи по линиям регенерации через РВРУ ФРК и ФРА с расходом по 20 м³/ч при работе одного НОВ. Затем включаются по одному НДК и НДЩ. Концентрация РРК и РРЦ должна составлять 4 %.

Перед включением насоса-дозатора кислоты и щелочи собирают схему в следующем порядке:

1. Открывают все вентили на напорных и всасывающем трубопроводах, кроме вентили на всасе насоса.
2. Включают насос в работу.
3. Открывают вентиль на всасе насоса.

Основные показатели растворов, участвующих в регенерации, приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Основные показатели растворов, участвующих в регенерации

Наименование	ФРК	ФРА
Расход воды на разбавление кислоты и щелочи, м ³ /ч	20	20
Концентрация РРК и РРЦ, %	4 ± 1	4 ± 1
Количество реагента в 1 см по высоте мерника, кг	24	9,5
Требуется подать на регенерацию по высоте мерника, см	35	70
Время пропуски реагента, мин	51	79
Концентрация регенерационного раствора в конце регенерации, %	1,5	1,5

Продолжительность операции контролируется по снижению уровня реагентов в БМЩ и БМК.

Отмывка катионита и анионита по линиям регенерации осуществляется путем отключения НДК и НДЩ после пропуски заданного количества реагентов. Расход воды по линиям регенерации со сбросом в БРК сохраняется по 20 м³/ч.

После отключения насоса щелочи необходимо промыть его обессоленной водой, чтобы оставшаяся в насосе щелочь не закристаллизовалась. Для промывки насосов-

дозаторов щелочи во всасывающий коллектор врезан трубопровод промывочной воды. По окончании пропуска щелочи закрывается вентиль подачи щелочи из бака-мерника и открывается вентиль на промывочной воде (насос остается в работе). Через 10...15 мин закрывается вентиль промывочной воды, отключается насос-дозатор и закрываются вентили на всасе и напоре насоса.

Отмывка заканчивается примерно через 1,5 ч после достижения следующих показателей:

- кислотность – 250 мкг-экв/кг после ФРК;
- щелочность – 250 мкг-экв/кг после ФРА.

Гидроперегрузка катионита из ФРК и ФРА выполняется по замкнутой схеме БОВ – НОВ – НРУ – ФРК – ФРА – БРК (с расходом 30 м³/ч).

Одновременно через ВРУ ФРК устанавливается дополнительный расход 10 м³/ч.

По окончании гидроперегрузки катионита в ФРА необходимо сдренировать ФРА до сигнальной трубки и перемешать шихту воздухом в течение 5 мин.

Домывка катионита и анионита в ФРА выполняется по замкнутой схеме БОВ – НОВ – ВРУ – ФРА – БРА (с расходом 50 м³/ч).

Расход устанавливается арматурой перед ФРА. Давление во ФРА должно составлять 2,0...2,5 атм (опорожнение его не допускается).

Нормы окончания промывки следующие:

- электропроводность - 0,5 мкСм/см;
- щелочность - 10 мкг-экв/кг.

После регенерации шихта перегружается в ФСД или хранится в ФРА как резервная.

Гидроперегрузка отрегенированной шихты из ФРА в ФСД выполняется по схеме БОВ – НОВ – ФРА – ФСД – БРК (с расходом 35 м³/ч).

Одновременно создается дополнительный расход воды 10 м³/ч через ВРУ ФРА для полноты перегрузки шихты. Давление в ФСД должно быть в пределах 0,5...1,0 атм. Опорожнение ФСД не допускается. После окончания операции промывается линия гидроперегрузки в тот ФСД, с которого перегружается шихта (в течение 5 мин с расходом 25 м³/ч).

Дренирование ФСД производится в целях качественного перемешивания ионитов сжатым воздухом. Вода дренируется на БРК через НРУ. Окончание дренирования фиксируется по прекращению слива воды из сигнальной трубки.

Перемешивание ионитов в ФСД осуществляется подачей сжатого воздуха к НРУ и отвода его из воздушника. Давление воздуха перед ФСД должно быть не ниже 3 атм.

Продолжительность перемешивания 5 мин при умеренной интенсивности выхода воздуха из воздушника (определяется визуально).

Домывка шихты в ФСД выполняется по схеме БОВ – НОВ – НРУ – ФСД – СРУ – ФСД – трубопровод гидротрегрузки - ФРК – БРК (с расходом 100 м³/ч).

Давление в ФРК при этом должно составлять 1,5...2,0 атм.

Основные показатели окончания домывки шихты приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Основные показатели окончания домывки шихты

Показатель	Значение
Щелочность, мкг/кг	5
Электропроводность, мкСм/см	0,3
Содержание Na ⁺ , мкг/кг	4
Содержание Cl ⁻ , мкг/кг	3

При работе регенерационной установки необходимо постоянно контролировать работу насосов-дозаторов кислоты и щелочи, отмывочных насосов и следить за уровнями в БОВ, БМК, БМЩ, БДВ.

Включение насосов должно производиться согласно инструкции по эксплуатации БОУ. Во время работы насосов-дозаторов необходимо следить за показаниями электроконтактного манометра, прислушиваться к ритму работы насоса. При появлении резкого стука, неравномерном ходе плунжера, заклинивании плунжера насос должен быть немедленно остановлен. При отключении насоса должны быть перекрыты вентили на всасе для исключения попадания обессоленной воды из смесителя в баки-мерники БМК или БМЩ.

При осмотре насосов НПВ, НОВ необходимо обращать внимание на протечки через сальниковые уплотнения, вибрацию насоса и электродвигателя, посторонние шумы, нагрев электродвигателя и насоса, показания манометров.

Заполнение бака отмывочных вод производится с коллектора обессоленной воды.

Ответственной операцией является прием кислоты и щелочи в БМК и БМЩ. Запрещается принимать одновременно кислоту и щелочь. Подача кислоты и щелочи производится с реагентного хозяйства химводоочистки. Во время закачки кислоты или щелочи необходимо вести постоянный контроль заполнения бака-мерника, не допуская перелива.

При закачке кислоты или щелочи обслуживающий персонал применяет средства индивидуальной защиты, согласно ПТБ (очки, грубошерстный костюм и т.д.).

Промывка фильтра-ловушки осуществляется в случае повышения на ней перепада давления до 1,5 атм. Для промывки ФЛ выводится из работы ФСД, с которым эта ловушка работает.

Промывка ФЛ выполняется двумя насосами НОВ обратным током воды в течение 5 мин с расходом $180 \text{ м}^3/\text{ч}$ по схеме БОВ – НОВ – ФЛ – линия гидроперегрузки – ФРК – БРК.

Иониты, вымытые из ФЛ, поступают в ФРК и остаются в нем. Расход устанавливается задвижкой перед фильтром-ловушкой.

Если после промывки и включения в работу перепад давления на ФЛ не снизился, то она промывается дополнительно.

Если дополнительные промывки также не дали положительных результатов, то ФЛ вместе с ФСД выводится из работы на чистку сетки.

Если промывка связана с большим выносом ионитов из ФСД в ловушку, то после промывки ФЛ вся шихта из ФСД перегружается в ФРК и после ремонта дренажная система ФСД загружается отрегенерированной шихтой.

Защита, блокировка, сигнализация БОУ

Основным назначением защит, блокировок и сигнализации является контроль состояния оборудования, предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций.

Перед пуском БОУ в работу необходимо убедиться в их исправности и работоспособности.

В перечень защит БОУ входят:

1. Вывод ЭМФ из работы с пропуском конденсата турбины помимо ЭМФ и отключение подачи напряжения на электромагнитные катушки в случае повышения температуры их обмоток выше 170°C .

2. Вывод ЭМФ из работы с пропуском конденсата турбины помимо ЭМФ и отключение подачи напряжения на электромагнитные катушки в случае снижения тока намагничивания ниже 110 А.

3. Отключение ФСД и пропуск конденсата помимо ФСД в случае повышения его температуры свыше 57°C , при этом откроется задвижка, пропускающая конденсат мимо ФСД, и закроются задвижки на выходе с ФСД.

4. Отключение насосов-дозаторов кислоты и щелочи в случае повышения давления на напорных трубопроводах выше 10 кгс/см^2 .

В перечень блокировки БОУ входят:

1. Запрет закрытия байпаса ЭМФ или работающих задвижек ЭМФ, или открытие промывочных задвижек при неправильном положении арматуры.

2. Отключение любого из работающих ФСД в случае перепада давления «верх-низ» ФСД более 0,5 атм, при этом закрывается арматура на входе ФСД.

3. Отключение НПВ, НОВ по минимальному (0,5 м) уровню в баке отмывочных вод.

4. Откачка дренажных вод из БДВ по уровень, при достижении которого (1,5 м) включается НДВ, а после откачки дренажных вод НДВ отключается при уровне 0,3 м.

5. Отключение любого из работающих ФСД в случае превышения перепада давления «вход-выход» ФСД более 4 кгс/см².

6. При отключении КЭН 1-й ступени происходит открытие байпаса ФСД БОУ и открытие байпаса всей БОУ.

В системе БОУ предусмотрена автоматизация процесса промывки ЭМФ по заданной программе. При этом происходит автоматическое выполнение всех операций промывки, начиная с вывода ЭМФ из работы и заканчивая включением его в работу. Включение автомата промывки осуществляется нажатием кнопки «Промывка» на ЩАП.

Объем технологической и аварийной сигнализации представлен в табл. 4.6 и 4.7.

Таблица 4.6

Технологическая сигнализация

Наименование	Уставка нижняя	Уставка верхняя
Уровень воды в БОВ не в норме, м	0,5	6,0
Уровень в БДВ высок, м		1,5
Перепад давления в ловушках зернистых материалов высок, атм		1,0
Электропроводность очищенного конденсата после БОУ высокая, мкСм/см		0,3
Давление в трубопроводе гидроперегрузки ионитных материалов высокое, атм		6,0
Температура конденсата на БОУ высокая, °С		57
Повышение температуры катушек ЭМФ, °С		150

Таблица 4.7

Аварийная сигнализация

Наименование	Уставка нижняя	Уставка верхняя
Повысилось давление в трубопроводе гидроперегрузки фильтрующих материалов, атм		7,2
Повысилась температура конденсата, поступающего на БОУ, °С		57
Повысилась температура катушек ЭМФ, °С		170
Повысился перепад давления на ловушках зернистых материалов, атм		1,5
Аварийное отключение НПВ		
Отключение автомата на панели		
«Выходной блинкер не поднят»		
Аварийное отключение осевого вентилятора на ЭМФ		

4.6. Обслуживание БОУ в аварийном режиме. Общие положения

Аварии и неполадки на блочной обессоливающей установке могут происходить в результате аварий и неполадок оборудования второго контура, неисправности оборудования самой БОУ, а также нарушения режима эксплуатации оборудования БОУ.

Аварии и неполадки не могут быть запланированы, они возникают неожиданно и тяжесть их последствий непосредственно зависит от быстроты и правильности действий обслуживающего персонала.

Действия, проводимые при возникновении аварийных ситуаций, должны строго соответствовать предписанному порядку (алгоритму). Огромное значение имеют противоаварийные тренировки, во время которых отрабатываются практические навыки работы с оборудованием в аварийных ситуациях. Первоначально подобные тренировки предпочтительно отрабатывать на специальном тренажере химического цеха.

При обнаружении неполадок в работе оборудования прежде всего необходимо восстановить порядок действий (алгоритм) с соблюдением правил техники безопасности, пожарной безопасности, технической эксплуатации, должностной инструкции.

Дальнейшие действия проводятся по намеченному плану (алгоритму) быстро, решительно, без спешки и суеты.

Категорически запрещается нарушать в любых ситуациях правила технической эксплуатации.

Выбрать правильный порядок действий (алгоритм) можно только в результате сопоставления исходной информации, внешних признаков проявления аварий и неполадок, показаний приборов, особенностей режима работы оборудования в момент, предшествующий возникновению аварийной ситуации.

Если обслуживающий персонал в совершенстве знает оборудование, его конструкции, принципы действия, причины возникновения аварий и неполадок, предпринимаемые им действия будут правильными и позволят ликвидировать аварию или неполадки без опасности для здоровья персонала и с наименьшим ущербом оборудованию.

Кроме аварий и неполадок, описанных в инструкциях, могут возникать не предусмотренные ими ситуации. В этом случае персонал принимает самостоятельное решение. В таких ситуациях особенно велика роль профессиональной подготовленности персонала, умения быстро принимать решения и действовать оперативно.

Наиболее ответственным оборудованием блочной обессоливающей установки являются ЭМФ и ФСД, через которые проходит основной конденсат. Выход из строя ЭМФ, ФСД может привести к нарушениям в работе турбинной установки.

Аварийные режимы ЭМФ

1. Обесточивание ЭМФ.

При обесточивании ЭМФ происходит размагничивание шариковой загрузки, и все задержанные в ЭМФ окислы металлов будут вымываться на ФСД и во II контур. Это приведет к ухудшению водно-химического режима второго контура.

В этом случае немедленно открывается байпас ЭМФ, а сам ЭМФ отключается и выводится в ремонт.

2. Повреждение дренажной системы ЭМФ.

При повреждении луча на среднем распределительном устройстве шариковая загрузка будет выноситься из ЭМФ и забивать регуляторы на ФСД или накапливаться в корпусах входных задвижек на ФСД, что приведет к выходу из строя регуляторов при неполном закрытии входных задвижек на ФСД. При этом также может уменьшаться расход через ЭМФ из-за забивания шариковой загрузки СРУ и выходного трубопровода. Определить данное повреждение можно косвенно, по уменьшению нагрузки на ЭМФ, изменению расхода конденсата на входе в ЭМФ сверху вниз, уменьшению расхода на ФСД, постороннему шуму при работе регулятора, неполном закрытии входных задвижек на ФСД.

Ответственной операцией при промывке ЭМФ является включение и отключение промывочных насосов НПВ.

Включение и отключение НПВ должно производиться при закрытых напорных задвижках, которые открываются через 1...1,5 мин после включения насосов. При отключении насосов сначала закрываются напорные задвижки, а только после этого отключаются насосы. При нарушении последовательности операций происходят гидравлические удары в напорных трубопроводах и ЭМФ, что может привести к повреждению дренажной системы ЭМФ и появлению свищей в трубопроводах.

Аварийные режимы ФСД

1. Повреждение дренажей системы фильтра ФСД.

При повреждении дренажей системы фильтра (обрыв луча, трещина на луче) происходит вынос фильтрующего материала из ФСД. При этом вырастает перепад давления на ловушке, так как она будет забиваться фильтрующим материалом, и упадет расход конденсата через ФСД.

В этом случае отключается поврежденный ФСД и готовится к включению резервный.

2. Повышение температуры конденсата за работающим фильтром выше 57 °С.

При нарушениях в работе оборудования II контура, резком сбросе нагрузки температура основного конденсата может вырасти выше допустимых норм.

Повышение температуры конденсата выше 57°C приведет к выходу из строя анионита (происходит разрушение анионита, поступление в конденсат органических соединений, т.к. рабочая температура его 45°C).

При этом немедленно отключается работающий ФСД и весь конденсат, который идет через ЭМФ, минуя ФСД, будет поступать на всас КЭН-2.

После этого необходимо отключить ФСД и сделать в нем водообмен для охлаждения шихты. Водообмен делается отмывочной водой с БОВ насосами НОВ до снижения температуры.

3. Повышение электропроводности за ФСД.

Повышение электропроводности за ФСД может иметь несколько причин:

- подсос сырой воды в конденсаторах турбины или ТПН;
- передозировка гидразина N_2H_4 во II контуре, что приведет к повышенному содержанию аммиака во II контуре;
- выход ФСД на регенерацию (истощение шихты).

В этом случае готовится и запускается в работу резервный ФСД.

Повышение электропроводности за ФСД после включения резервного ФСД происходит при некачественной его отмывке. Перед включением ФСД в работу необходимо его промыть и взять анализы на электропроводность и натрий. Запрещается включать в работу ФСД без промывки.

4. Обрыв клапана регулятора на входе ФСД.

При обрыве клапана в регуляторе будет уменьшаться расход конденсата через БОУ, возникнет посторонний шум в регуляторе, усилится вибрация трубопровода. При обнаружении обрыва клапана в регуляторе готовится и включается в работу резервный ФСД, а работавший ФСД переводится в ремонт.

5. Образование свища на ЭМФ, ФСД или трубопроводах основного конденсата БОУ.

В связи с тем, что ЭМФ, ФСД находятся над конденсатным и сливными насосами, то при образовании свищей на БОУ этот конденсат будет попадать на двигатели насосов и может привести к выходу из строя электродвигатели этих насосов.

При обнаружении свища на оборудовании определяется место свища и принимается решение, какой участок БОУ нужно отключать. После отключения сдренировать этот участок и готовить при необходимости резервный ФСД.

При обнаружении течи по основному металлу или сварному соединению в неотключаемой части трубопроводов турбинного конденсата, от врезки в основной поток до задвижек БОУ, принимаются следующие меры:

- сообщается руководству цеха, начальнику смены ХЦ, персоналу БЩУ об обнаружении дефекта;
- ограждается место повреждения, вывешиваются плакаты «Опасная зона», «Проход закрыт», выводится из зоны повреждения посторонний персонал, принимаются все необходимые меры по исключению попадания воды на электрическое оборудование и КИП.

6. Нарушения, связанные с обслуживанием трубопровода сжатого воздуха.

Сжатый воздух поступает с компрессорной установки в общестанционный коллектор и распределяется на химводоочистку, спецводоочистку, реакторные и турбинные отделения. При неплотностях арматуры или ошибочных действиях персонала в сжатый воздух может попасть сырая вода. Поэтому на трубопроводах подачи сжатого воздуха в ФСД установлены по два вентиля и между ними дренажный вентиль (ревизия). Дренажный вентиль должен быть всегда открыт при неработающем коллекторе сжатого воздуха. Перед подачей сжатого воздуха в ФСД открывается первый по ходу вентиль и устанавливается факт наличия в коллекторе сжатого воздуха. Если из коллектора идет вода, необходимо взять ее на анализ, чтобы определить, охлаждающая это вода или конденсат. Прекратить все операции со сжатым воздухом до выяснения причин попадания сырой воды или конденсата.

7. Нарушения, связанные с протечками в парогенераторах.

Наличие протечек в парогенераторах приводят к появлению во II контуре радиоактивных ионов, которые будут задерживаться катионитом и анионитом в ФСД, это приведет к повышению радиоактивного фона от ФСД выше допустимых норм.

При появлении микропротечек в ПГ в работе остаются ЭМФ и один (два) ФСД. При достижении фона от работающего ФСД более 12 мкР/ч необходимо:

- загрязненный радионуклидами ФСД отключить и включить резервный ФСД;
- выдержать отключенный ФСД в течение 5 – 8 суток в целях распада короткоживущих изотопов, накопленных в ФСД;
- если снижение гамма-фона в течение 8 суток не произошло, перегрузить шихту из ФСД в ФРА и подготовить схему пропуска 4%-м раствором NaOH через всю шихту согласно специальной программе;
- при пропуске щелочи через ФРА необходимо опорожнить БРК на ХВО.

При увеличении суммарной активности продувочной воды парогенератора свыше $2 \cdot 10^{-8}$ Ки/л, необходимо отключить ЭМФ, оставить в работе два ФСД для очистки от радионуклидов и далее действовать согласно программе.

Аварийный режим регенеративной установки

1. Повреждение дренажной системы на ФРК (ФРА).

При повреждении дренажной системы на ФРК или ФРА в пробоотборниках на выходе с фильтров в воде обнаруживаются зерна ионита.

В этом случае отключается поврежденный ФРК или ФРА и перезагружается шихта в пустой ФСД.

2. Нарушения в работе при пропуске кислоты и щелочи во время регенерации ионитов.

Во время пропуска кислоты и щелочи при регенерации могут:

- образовываться свищи;
- выйти из строя насосы-дозаторы.

При появлении свища на трубопроводе подачи кислоты (щелочи) необходимо немедленно прекратить подачу кислоты (щелочи), для чего отключить насосы-дозаторы и закрыть все вентили на насосах-дозаторах кислоты (щелочи).

При отключении насоса-дозатора необходимо немедленно закрыть вентили с расходного бака, на всасе и напоре отключившегося насоса. Если не закрыть вентили на насосе, то вода со смесителя обратным ходом пойдет в бак-мерник кислоты и вызовет коррозию бака-мерника, так как разбавленная серная кислота является агрессивной по отношению к железу и разъедает его.

3. Аварийный режим насосов (НПВ, НОВ, НДВ).

Характерный аварийный режим, свойственный всем насосам, – это отказ от работы. При этом прекращается подача воды в результате заполнения насоса воздухом, и насос не может создать требуемый напор на выходе. Отказ насосов происходит при слишком низком уровне в расходном баке. При отказе насоса его останавливают, открывают воздушник и дожидаются появления воды из него. Проверяют уровень в баке, заполняют при необходимости бак водой. Затем включают насос в работу согласно инструкции по эксплуатации.

К снижению напора, развиваемого этими насосами, может привести также засорение всасывающего трубопровода, корпуса насоса, рабочего колеса (отслаивание химического покрытия в баке). В этом случае необходима чистка насоса и всасывающего трубопровода.

Неполадками насоса являются также их повышенная вибрация, нагрев подшипников выше нормы. В этом случае необходимо отключить насос и вызвать ремонтный персонал.

4. Появление свища на баке-мернике кислоты (щелочи).

При появлении свища на баке-мернике кислоты или щелочи необходимо:

- если есть возможность, выработать эту кислоту (щелочь), то есть провести регенерацию;
- при высоком уровне в аварийном БМК (БМЩ) пропустить часть кислоты (щелочи) в резервный бак;
- остатки кислоты (щелочи) смыть в дренажный бак и откачать в БРК ХВО.

При невозможности выработать кислоту (щелочь) и сильной течи необходимо собрать схемы пропуска кислоты и щелочи через ФРК и ФРА и откачать разбавленные растворы кислоты и щелочи в БРК ХВО. Щелочной раствор подается для нейтрализации кислоты, чтобы в трубопроводе после ФРК и ФРА был нейтральный раствор.

5. Снижение расхода конденсата на БОУ до нуля.

При неисправностях или в аварийных ситуациях на блоке могут отключаться конденсатные насосы первой ступени, при этом расход через ЭМФ и ФСД упадет до нуля.

В этом случае закрываются входные и выходные задвижки на работавших ЭМФ и ФСД.

Включение ЭМФ и ФСД разрешается только при работающем КЭН-1 для исключения выхода из строя дренажных систем ЭМФ и ФСД.

Ограничения в эксплуатации БОУ

При эксплуатации БОУ запрещается:

- пуск блока без включения БОУ в работу;
- хотя бы кратковременное снятие электропитания электромагнитной катушки ЭФМ во время работы фильтра;
- включение в работу ФСД способом и с расходом, не соответствующим инструкции по эксплуатации;
- включение резервного ФСД без отмывки;
- работа ФСД при возрастании перепада «вход – выход» свыше 4 кгс/см^2 , «верх – низ» - свыше $0,5 \text{ кгс/см}^2$;
- работа ФСД при возрастании перепада давления на ФЛ свыше $1,5 \text{ кгс/см}^2$;
- включение ФСД в работу при неисправных манометрах, расходомерах;
- работа на оборудовании, имеющем повреждения дренажных систем, корпусов и запорной арматуры;
- работа ЭФМ, ФСД с просроченным сроком освидетельствования;

- отключение в зимнее время спутников обогрева трубопровода щелочи;
- промывка ЭМФ при высоком уровне в БОМ на ХЗО (более 6,5 м), так как в течение 1 мин в БОМ поступит 100 м³ отмывочной воды, что может привести к повышению давления в БОМ выше атмосферного;
- любые действия на работающем ЭМФ и ФСД без согласования с начальником смены блока и ведущим инженером по управлению турбиной.

Кроме того, не допускается переливов воды в БОВ, БДВ и реагентов в БМК и БМЩ.

Все операции с промывочными задвижками должны производиться только при закрытом байпасе ФСД.

При повышенной температуре конденсата 45...55 °С допускается работа БОУ в течение смены (не более 8 часов).

РАЗДЕЛ 5. СИСТЕМЫ СПЕЦВОДООЧИСТКИ

5.1. Классификация и месторасположение установок спецводоочистки (СВО)

Для классификации систем СВО, их назначения и расположения на АЭС примем за базовый блок ВВЭР-1000, как наиболее распространенный в отечественной атомной энергетике.

При сооружении АЭС огромное внимание уделяется проблемам безопасности и экономичности их работы, также исключению влияния на окружающую среду.

В 1-м контуре АЭС происходят важные физико-химические процессы, во многом определяющие экономичность и надежность работы. К чистоте воды, которой заполняется 1-й контур, предъявляются высокие требования.

Примеси, содержащиеся в воде 1-го контура, могут откладываться на оборудовании в реакторе, парогенераторе, насосах, арматуре.

Отложения в парогенераторе оказывают влияние на коэффициент теплопередачи, следовательно, на экономичность работы энергоблока.

Отложения на тепловыделяющих элементах реактора не только снижают коэффициент теплопередачи, но и могут вызвать аварийную ситуацию, связанную с разрушением оболочек ТВЭЛ (температура оболочек ТВЭЛ всегда выше температуры теплоносителя) и как следствие значительной активации теплоносителя за счет выхода в него продуктов деления. Отложения на элементах циркуляционного насоса и арматуры могут ухудшить их работу, привести к повышению радиоактивности оборудования и затруднению ремонта.

После заполнения 1-го контура водой требуемой чистоты можно было ожидать, что высокая чистота теплоносителя будет неизменной. Но при любых условиях эксплуатации оборудования протекают коррозионные процессы, в результате которых в теплоноситель переходят окислы конструкционных материалов.

Особенностью водного режима 1-го контура АЭС является процесс радиолиза теплоносителя под действием ионизирующего излучения, приводящий к образованию агрессивных агентов, которые увеличивают скорость коррозии конструктивных элементов 1-го контура.

Особенностью ВХР 2-го контура является наличие в нем рабочего тела (воды) в двух агрегатных состояниях (вода и пар), а также многообразием оборудования, изготовленного из различных элементов (титан, сталь, медь и др.), подвергающихся коррозионному воздействию под влиянием давления и температуры.

Наличие отложений на тепловыделяющих поверхностях и проточной части турбины снижает КПД работы блока.

ВХР влияет на надежность работы оборудования. Не соблюдение ВХР может привести к аварийному или преждевременному останову оборудования.

Поэтому в схемах контуров АЭС предусмотрены водоочистные установки, обеспечивающие поддержание ВХР 1-го и 2-го контуров и нормируемого качества растворов в баках САОЗ и бассейнах выдержки и перегрузки.

В зависимости от характеристик контурных и вне-контурных вод АЭС для их обработки используют различные установки, которым присваивается соответствующий номер.

СВО-1 (ТС) предназначена для механической очистки теплоносителя 1-го контура от радиоактивных продуктов коррозии конструкционных материалов с целью снижения уровней удельной активности на поверхности металла оборудования 1-го контура и других вспомогательных систем, при этом уменьшаются дозовые нагрузки на персонал при их обслуживании и ремонте. СВО-1 располагается в гермозоне реакторного отделения каждого блока.

СВО-2 (ТЕ) предназначена для очистки теплоносителя 1-го контура от радиоактивных продуктов коррозии конструкционных материалов и продуктов деления, удаления из контура избыточных концентраций щелочных ионов сильных кислот, а также для выведения из теплоносителя борной кислоты, когда водообмен 1-го контура нецелесообразен. СВО-2 размещена в обстройке реакторного отделения каждого блока.

СВО-3 (TR) предназначена для:

1. сбора трапных вод;
2. предварительной очистки от механических примесей;
3. упаривания на выпарной установке для концентрирования и уменьшения объема радиоактивных отходов и получения кубового остатка с последующим его хранением в емкостях ХЖО;
4. химического обессоливания дистиллята на ионообменных фильтрах с целью повторного использования в цикле АЭС.

СВО-4 (ТМ) предназначена для очистки от механических, химических и радиоактивных примесей боросодержащих растворов из:

- бассейнов выдержки и перегрузки;
- баков САОЗ;
- конденсатора барботера;

– боксов парогенераторов при протечках со стороны 1-го контура.

СВО-5 (RY) предназначена для очистки и возврата в цикл АЭС продувочной воды парогенераторов.

СВО-6 (TD) предназначена для регенерации борной кислоты из БГК.

СВО-7 (UG) предназначена для очистки вод спецпрачечных и душевых.

СВО-3,4,5,6,7 расположены в спецкорпусе, в зоне строгого режима.

На рис. 5.1 представлена схема расположения систем СВО.

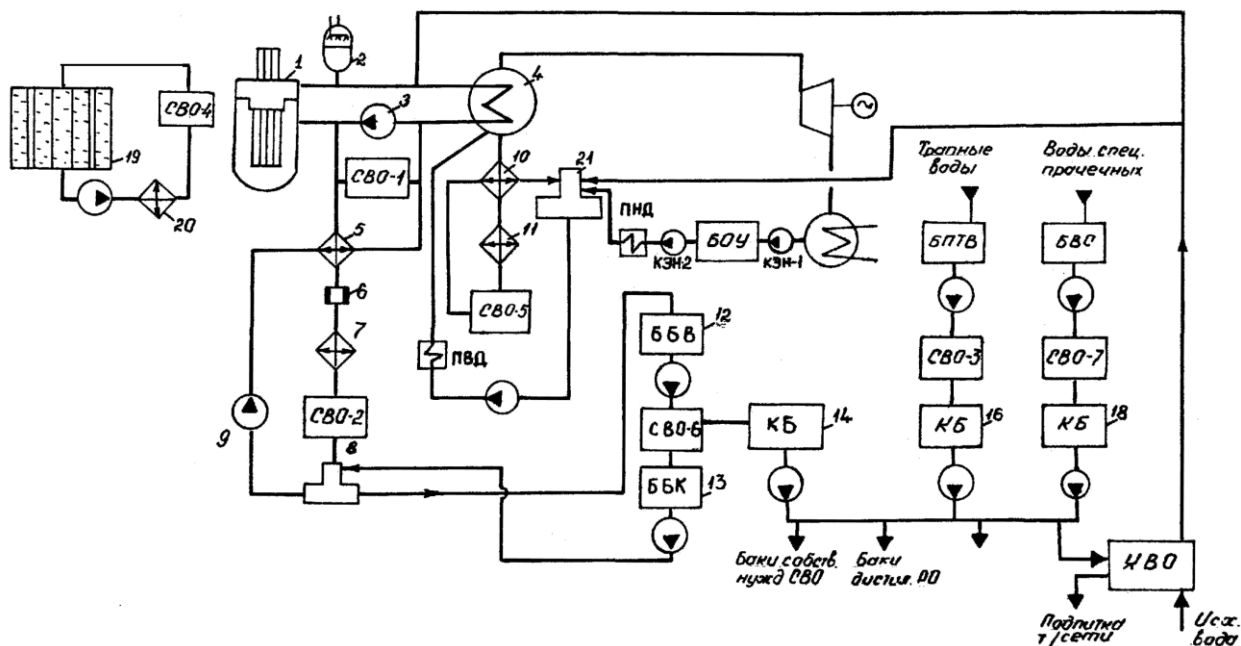


Рис. 5.1. Схема расположения систем СВО

1 – реактор; 2 – компенсатор давления; 3 – ГЦН; 4 – парогенератор; 5,10 – и продувочной воды I контура и ПГ; 6 – дроссельное устройство; 7, 11 – доохладители продувочной воды 1-го контура и ПГ; 8, 21 – деаэратор подпитки I и II контура; 9 – подпиточный насос; 12 – бак борсодержащей воды; 13 – бак очищенного борного концентрата; 14,16,18 – контрольные баки СВО-6, СВО-3, СВО-7; 15 – бак приемка трапных вод; 17 – бак воды спецпрачечной; 19 – бассейн выдержки; 20 – охладитель воды бассейна выдержки

5.2. Установка СВО-1

Известно, что все жидкие радиоактивные отходы АЭС по своему технологическому назначению и степени загрязнения радионуклидами можно разделить на три группы:

Продувочная вода реактора;

Вода слива первого контура (при водообменах);

Организованные протечки первого контура.

Эти воды содержат большое количество борной кислоты (~13г/л и более) и все корректирующие добавки, введенные в теплоноситель для поддержания ВХР, характеризуются высокой активностью ($10^{-4} \div 10^{-2}$ Ки/л).

Источниками радиоактивных примесей в первом контуре являются:

- продукты коррозии (^{59}Fe , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn , ^{51}Cr и др.);
- радионуклиды разрушенных ТВЭЛов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{106}Ru и др.);
- примеси добавочной воды (^{24}Na , ^{38}Cl , ^{42}K и др.);
- продукты деструкции сорбентов;
- ядра отдачи с поверхностей, работающих в нейтронном поле реактора;
- корректирующие добавки.

Наличие в 1 контуре радиационных полей, сложных химических процессов, образования в борной среде при высоких температурах и давлении продуктов коррозии металла оборудования и трубопроводов, вызвало необходимость создания систем для механической очистки теплоносителя (рис. 5.2).

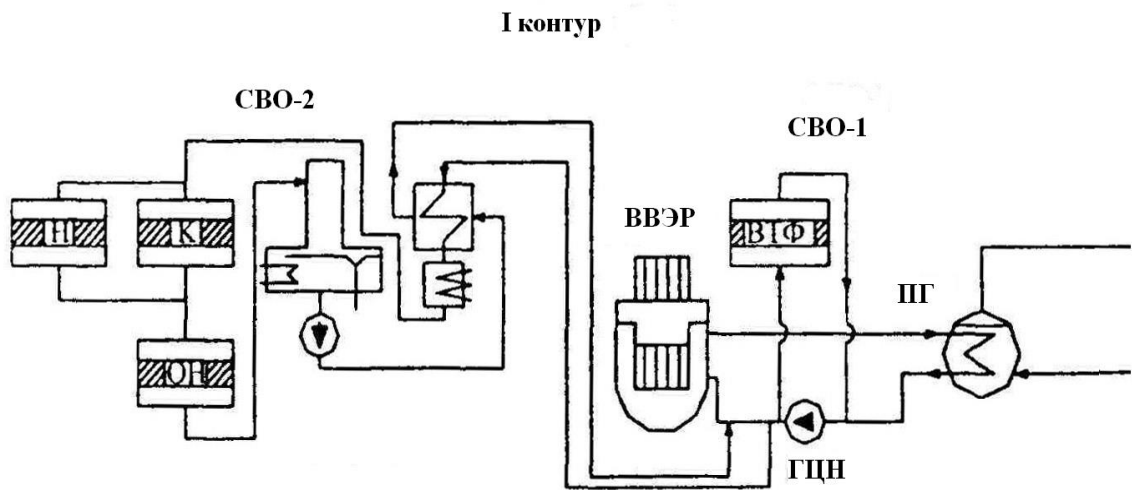


Рис. 5.2. Система очистки теплоносителя 1-го контура

Система байпасной очистки теплоносителя первого контура (СВО-1) предназначена для механической очистки теплоносителя первого контура от радиоактивных продуктов коррозии конструкционных материалов в целях снижения уровней удельной активности на поверхности металла оборудования первого контура и других вспомогательных систем и тем самым уменьшения дозовых нагрузок на персонал при их обслуживании и ремонте.

Установка располагается внутри защитной оболочки реакторного отделения в герметичном помещении, доступ в которое осуществляется по разрешению дозиметрических служб станции.

Принцип работы СВО-1 заключается в отводе части теплоносителя с напора ГЦН на очистку через систему и возврат на всас ГЦН. На рис. 5.3 представлена технологическая схема установки СВО-1.

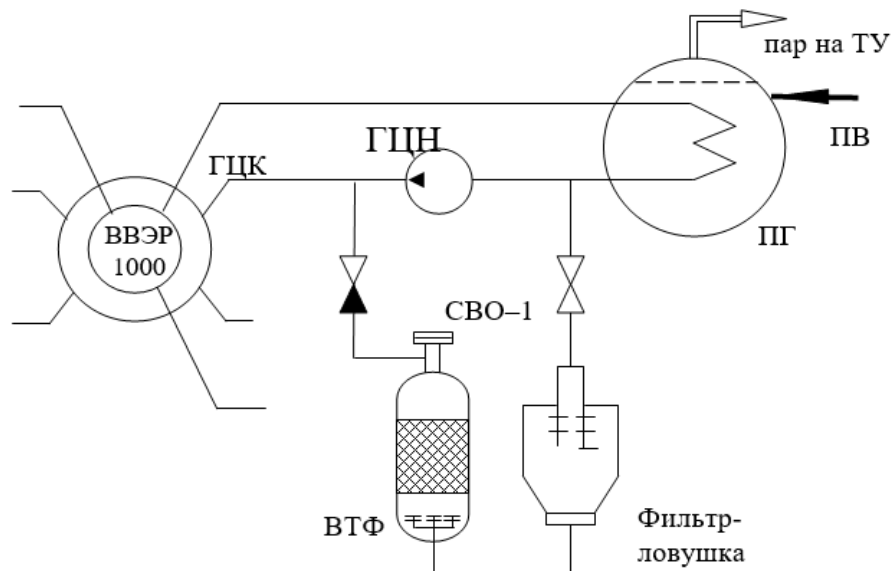


Рис. 5.3. Принципиальная технологическая схема установки СВО-1

Очистка части теплоносителя через СВО-1 позволяет снизить удельную активность теплоносителя 1-го контура до уровней 10^{-4} - 10^{-5} Ки/л, снизить накопление продуктов коррозии в 1-м контуре, уменьшить радиационные поля от активного оборудования в 5-10 раз.

СВО-1 каждой РУ состоит из 4 ниток (по количеству работающих петель главных циркуляционных контуров).

Каждая нитка СВО-1 состоит:

- из высокотемпературного механического фильтра (ВТФ);
- фильтра-ловушки зернистых материалов (ФЛЗМ);
- фильтра-контейнера (одного на 4 нитки);
- устройства гидроперегрузки;
- КИП.

Установка СВО-1 находится в оперативном ведении НСБ и обслуживается персоналом РО.

Но отмывку сорбента и металла оборудования, а также дезактивацию осуществляет оперативный персонал ХЦ и РО.

Высокотемпературный механический фильтр ВТФ предназначен для внутриконтурной очистки от радиоактивных продуктов коррозии неохлажденного теплоносителя первого контура. Он представляет собой цилиндрический сосуд с двумя приварными эллиптическими днищами (рис. 5.4).

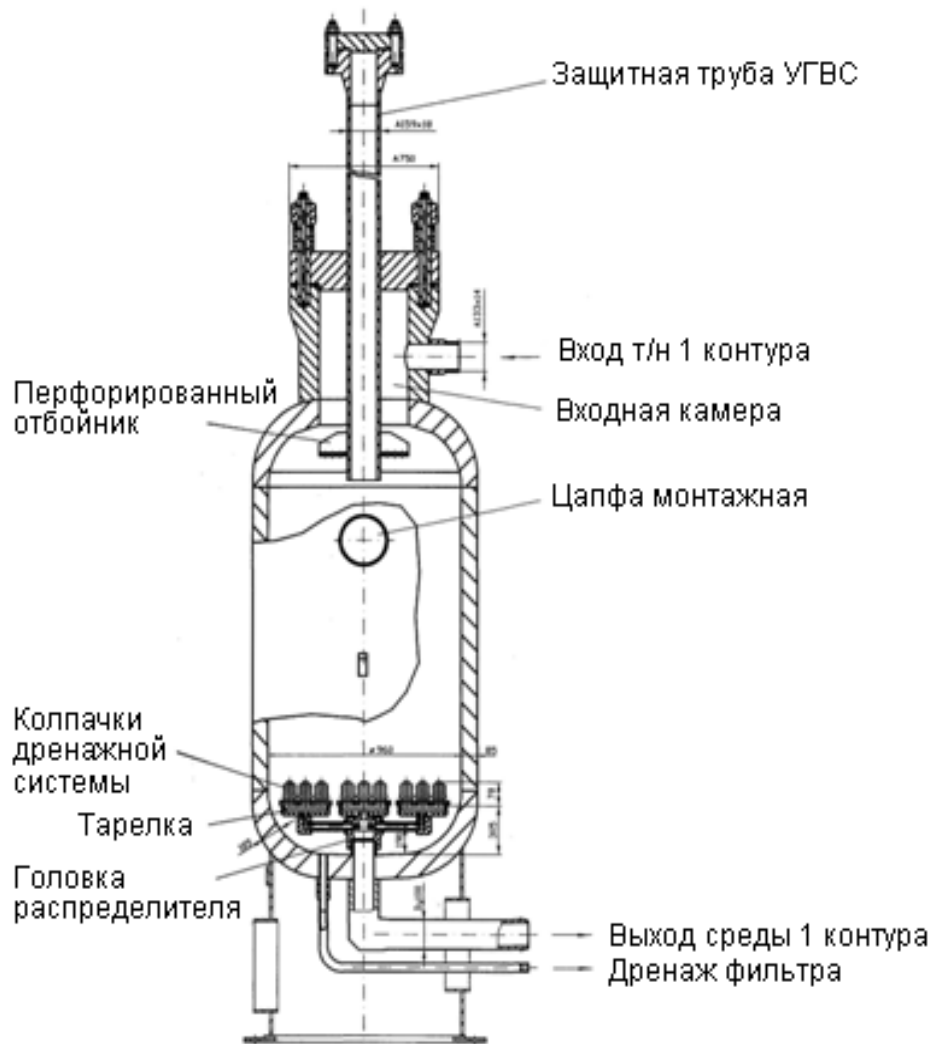


Рис. 5.4. Схема и технические данные высокотемпературного фильтра

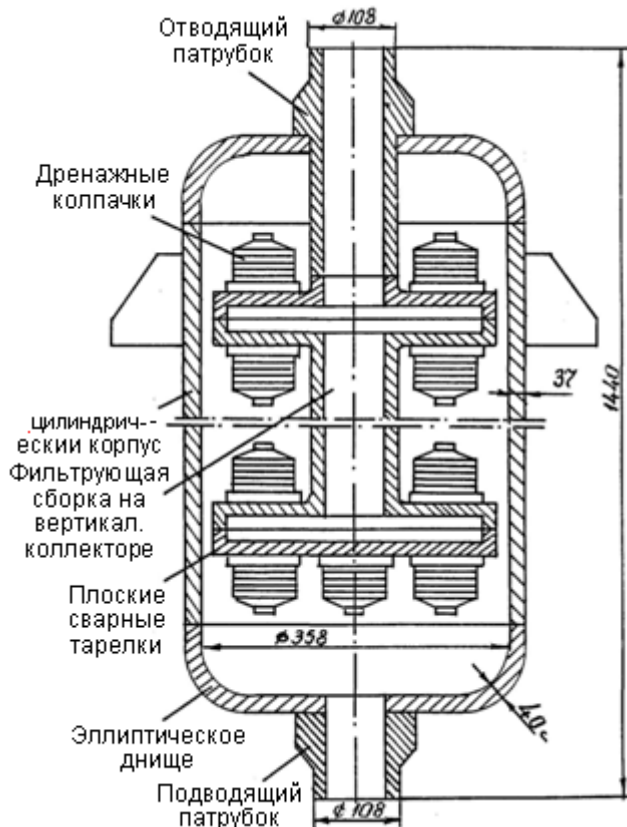
На верхнем днище расположена входная камера, предназначенная для развода очищаемой воды и равномерного распределения по сечению фильтра, а также для выгрузки и загрузки сорбента. Подвод очищаемого теплоносителя осуществляется через дренажную систему, расположенную перед нижним эллиптическим днищем. Фильтр установлен с учетом возможности его осмотра и ремонта по условиям радиационной и технической безопасности. В качестве сорбента используется губчатая термостойкая титановая крошка. Высота загрузки сорбента в фильтре составляет 500 мм, а объем $0,7 \text{ м}^3$.

Опыт эксплуатации ВТФ, а также результаты гамма-спектрального анализа показывают, что основная задержка мелкодисперсных продуктов коррозии осуществляется в верхнем (лобовом) слое сорбента высотой до 400 мм. Этот слой способен задержать 1,5...3 кг активных продуктов коррозии.

Значительная часть накопившихся продуктов в ВТФ вымывается при взрыхляющей отмывке шлама лобового слоя засыпки сорбента обратным током и химической обработке дезактивирующими растворами.

Специальные коммуникации обвязки ВТФ обеспечивают гидровыгрузку – загрузку сорбента, проведение дезактивации корпуса химическими растворами и после дезактивационную отмывку химобессоленной водой.

Фильтр-ловушки зернистых материалов ФЛЗМ предназначен для предотвращения выноса сорбента в тракт теплоносителя первого контура в случае разрушения дренажной системы ВТФ СВО-1 (рис. 5.5).



Технические данные АФЛВТ

Давление рабочее	кгс/см ²	1,60
Температура рабочая	°С	270
Давление расчетное	кгс/см ²	1,80
Температура расчетная	°С	350
Давление гидроиспытаний	кгс/см ²	2,50
Расход при рабочих параметрах	м ³ /час	30-100
Размер щели колпачка	мм	0,3
Количество фильтрующих колпачков	шт.	33
Емкость в колпачках при 30 м ³ /час при 100 м ³ /час		0,708 2,36
Емкость в подводящих гидропроводах при 30 м ³ /час при 100 м ³ /час		0,9 3
Максимально допустимый перепад давления на фильтре-ловушке	кгс/см ²	5,0

Рис. 5.5. Схема и технические данные фильтра-ловушки

ФЛЗМ состоит из цилиндрической обечайки с двумя приварными эллиптическими днищами. В центре верхнего и нижнего днищ располагаются отводящий и подводящий патрубки. Внутри корпуса расположена фильтрующая сборка, приваренная к нижнему концу отводящего патрубка. Фильтрующая сборка состоит из четырех плоских сварных тарелок, расположенных соосно одна над другой и укрепленных на центральном вертикальном коллекторе. На тарелках размещены дренажные колпачки. Щелевой колпачок представляет собой набор профилированных дисков, закрепленных на основании. Между дисками образуется зазор в виде кольцевой щели шириной 0,3 мм.

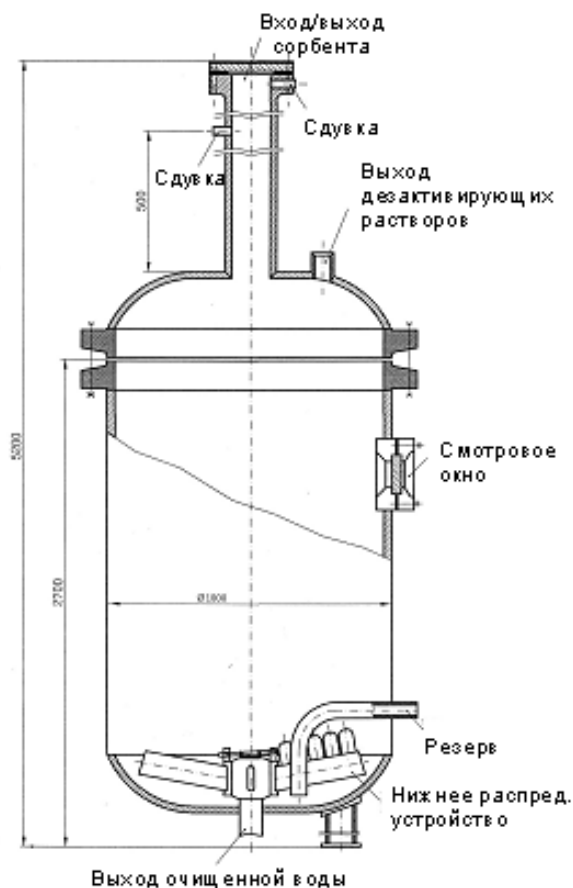
В соответствии со схемой включения ФЛЗМ поток теплоносителя после очистки в ВТФ поступает в фильтр-ловушку через нижний патрубок, омывает фильтрующую сборку, проходит через щелевые колпачки, тарелки, собирается в коллекторе и выводится

из аппарата через патрубок на верхнем днище. В случае выноса сорбента из фильтра улавливание его производится щелевыми колпачками ловушки.

При увеличении перепада давления на ФЛЗМ выше допустимой величины производится отключение установки СВО-1 для проведения промывки, после чего фильтр-ловушку снова можно ввести в работу. Повторное быстрое повышение давления на фильтре-ловушке свидетельствует о разрушении дренажной системы ВТФ. Резкое снижение перепада давления свидетельствует о повреждении дренажной системы самого фильтра-ловушки.

Обвязка ФЛЗМ предусматривает возможность воздушно-водной промывки и дезактивации химическими растворами, а также дренирование совместно с ВТФ для осмотра и ремонта.

Фильтр-контейнер предназначен для загрузки – выгрузки сорбента, проведения в нем глубокой отмывки от коррозионных материалов первого контура и дезактивации (рис. 5.6).



Технические данные АФЛВТ

Давление рабочее в корпусе	кгс/см ²	10,0
Давление расчетное	кгс/см ²	10,0
Давление пробное (гидравлическое)	кгс/см ²	15,5
Температура испытательной среды	°C	5-40
Максимально допустимая температура	°C	100
Объем	м ³	1,9

Рис. 5.6. Схема и технические данные фильтра-контейнера для перегрузки сорбента

Фильтр-контейнер представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд, снабженный двумя смотровыми окнами-люками с нижней лучевой раздаточной трубной системой. Имеет эллиптическое днище с выходным патрубком для очищенной воды.

Верхняя крышка имеет входной и выходной патрубки для установки устройства гидровыгрузки сорбента. На верхней крышке находится патрубок для отвода дезактивирующих сред.

Расположенное внизу фильтра-контейнера распределительное устройство служит для равномерного сбора по сечению фильтра отработанных дезрастворов и отмывочных вод.

В качестве фильтрующего материала в ВТФ используется сорбент из термостойкой титановой крошки. Использование титановой крошки в качестве сорбента обусловлено рядом достоинств его основного материала – титана. Титан по отношению к растворам дарокс-процесса (т.е. по отношению к скорости растворения металла в кислотной среде H_3BO_3) является коррозионно-устойчивым. Имея малый удельный вес, высокую прочность, является хорошим технологическим конструкционным материалом для работы в условиях ионизирующего излучения и высокой температуры теплоносителя. Вынос его продуктов коррозии в теплоноситель пренебрежимо мал. Примеси кислорода и азота увеличивают прочностные характеристики титана и уменьшают его пластичность.

Исследования губчатого титана показывают, что эксплуатация его в качестве конструкционного материала первого контура не вызывает проникновения в его структуру избыточного водорода и насыщения им шариков и, следовательно, их охрупчивания.

Опыт эксплуатации сорбента на АЭС выявил, что его сорбционная способность, то есть достаточно прочное сцепление конгломерата продуктов коррозии конструкционных материалов первого контура с губчатым сорбентом (необратимое насыщение крошки титана продуктами коррозии – Fe_2O_3 , NiO , Cr_2O_3 и др.) не удаляется отмывкой. Этот недостаток требует решения проблемы гидроперегрузки сорбента в фильтр-контейнер для проведения более глубокой химической отмывки и дезактивации, либо замены его через 10 – 15 лет эксплуатации из-за потери сорбентной способности (эффективности работы).

Применяемый в установках СВО-1 губчатый титан типа ТП-ВС-1 (ТУ 48-05-61-11/0-82) содержит в качестве основы Ti и в малых долях примеси: железо, хлориды, азот, водород и т.д. Получается он в результате восстановительной химической реакции TiCl_4 при взаимодействии с магнием в среде нейтрального газа (аргон, ксенон) при высокой температуре ($950 \dots 1000^\circ\text{C}$). Полученное таким способом мелкофракционное гранулированное вещество (≈ 2 мм) имеет пористую структуру (губка). В процессе его

эксплуатации в ВТФ в силу вышеуказанных недостатков происходит забивание пор и укрупнение фракций до 5...9 мм, требующие проведения химической дезактивации и отмывки сорбента. Кроме того, присутствие в составе крошки примесей хлоридов выдвигает требования предпусковой отмывки свежезагруженного сорбента. Состав губчатого титана приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Состав титановой крошки

Тип		ТП-ВС-1(ТУ48-05-61-11/0-82)
Размер фракции	мм	2,0±0,63
Состав:		
Титан	%	Основа
Железо	%	0,9
Хлориды	%	0,02
Азот	%	0,05
Водород	%	0,1
Удельный вес	кг/м ³	1400

Оборудование СВО-1 рассчитано на работу при давлении и температуре 1-го контура ($P_p = 180 \text{ кгс/см}^2$; $T_p = 350 \text{ }^\circ\text{C}$).

Технология очистки теплоносителя 1 контура СВО-1

Теплоноситель 1 контура с напора ГЦН через вентиль и байпас поступает в ВТФ. При прохождении через ВРУ фильтра поток теплоносителя равномерно распределяется по всему объему фильтрующей засыпки, где происходит очистка от мелкодисперсных продуктов коррозии. Пройдя НРУ теплоноситель поступает в ФЛЗМ. В дренажной системе ФЛЗМ происходит задержание проскочившего из ВТФ сорбента.

Пройдя ФЛЗМ, очищенный теплоноситель поступает на всас ГЦН. Вот суть технологии очистки теплоносителя на СВО-1 при нормальной работе.

Контролируемые параметры:

производительность каждой нитки СВО-1 – 100 т/ч;

перепад давления на ВТФ – $2,7 \text{ кгс/см}^2$ (допускается до 5 кгс/см^2);

перепад давления на ФЛЗМ – $0,5 \text{ кгс/см}^2$ (допускается до 5 кгс/см^2);

рабочее давление – 160 кгс/см^2 ;

рабочая температура – $290 \text{ }^\circ\text{C}$.

Промывка фильтра СВО-1. Промывка фильтра производится с целью удаления из него накопленного коррозионного шлама. Промывка выполняется в период ППР, когда система ТС выведена из работы. Основанием для проведения промывки является:

- 1 увеличение перепада давления на фильтре до 5 кгс/см^2 ;
- 2 перед проведением гидроперегрузки сорбента.

Перед промывкой фильтра производится промывка ФЛЗМ. Если этого не сделать, то скопившийся в ловушке шлам при промывке фильтра попадет в дренажную систему фильтра и может засорить ее.

Промывка ловушки и фильтра выполняется посредством подачи водовоздушной смеси обратным потоком по сравнению с направлением движения фильтрующего теплоносителя. Продолжительность промывки ловушки – 15 минут, фильтра – 1 час.

Дезактивация фильтра СВО-1 производится после выгрузки из него сорбента в фильтр-контейнер перед проведением ремонтных работ или техническим обслуживанием фильтра. Дезактивация производится двух-ваннным способом.

Рецептура дезактивирующего раствора 1 ванны:

$$C_{\text{NaOH}} = 30 \text{ г/л};$$

$$C_{\text{KMnO}_4} = 3 \text{ г/л}.$$

Рецептура дезактивирующего раствора 2 ванны:

$$\text{CH}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 15 \text{ г/л};$$

$$\text{CH}_2\text{O}_2 = 1 \text{ г/л}.$$

После заполнения фильтра 1 ванны производится барботаж сжатым воздухом в течении 2-х часов. Затем дезраствор дренируется в трап спецканализации, а фильтр промывается дистиллятом.

По окончании промывки фильтр заполняется дезраствором второй ванны и барботируется воздухом в течение 30 минут.

Затем фильтр дренируется и промывается дистиллятом.

Дезактивация фильтра производится при температуре 85-90°C.

Дезактивация сорбента в фильтре-контейнере. Дезактивация и отмывка сорбента в фильтре-контейнере производится с целью восстановления его способности задерживать дисперсные продукты коррозии и для снижения дозовых нагрузок на персонал от оборудования СВО-1.

Дезактивация пустого фильтра-контейнера производится теми же дезрастворами и технологией, что и ВТФ.

Дезактивация сорбента в фильтре-контейнере производится только кислотным дезраствором следующего состава:

$$\text{CHNO}_3 = 2 \text{ г/л}; \quad \text{CH}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 10 \text{ г/л}.$$

Раствор барботируется в фильтре-контейнере в течении 2 часов сжатым воздухом. Затем сливается и операция повторяется вновь. Когда повторная дезактивация окончена, сорбент промывается дистиллятом путем заполнения и дренирования до достижения pH = 6 в промывочной воде после контейнера.

5.3. Установка СВО-2

Система СВО-2 (ТЕ) предназначена для:

1. Очистки теплоносителя 1 контура и вод организованных протечек от продуктов коррозии, осколков деления ядерного топлива (в случае повреждения ТВЕЛОВ), химических примесей в виде ионов и посторонних примесей, поступающих в первый контур с подпиточной водой и дозируемыми коррекционными реагентами;
2. плавного регулирования концентрации щелочных металлов (Na, K, Li) и аммиака в 1-м контуре;
3. вывода избыточной щелочности из теплоносителя;
4. вывода борной кислоты из теплоносителя в конце компании.

Оперативное обслуживание СВО-2 осуществляет персонал РО.

Контроль за ВХР СВО-2 осуществляет персонал ВРХЛ по результатам химанализов.

С целью повышения живучести и надежности выполнения функций система ТЕ выполнена двумя параллельными нитками: одна рабочая, одна резервная.

На рис. 5.7 представлена принципиальная схема системы СВО-2.

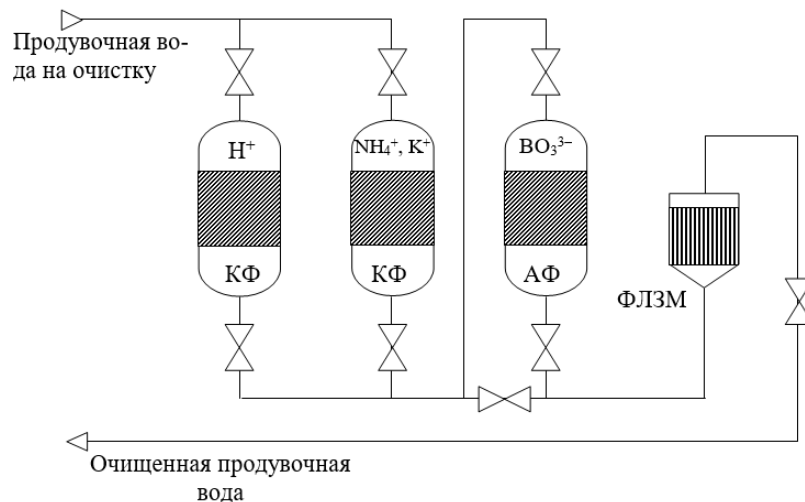


Рис. 5.7. Принципиальная схема системы продувочной воды 1-го контура и оргпротечек (СВО – 2)

Каждая нитка системы СВО-2 функционально состоит из следующих узлов и элементов:

- двух катионитовых фильтров;
- анионитового фильтра;
- фильтра-ловушки зернистых материалов;
- трубопроводов и связывающей арматуры обвязки.

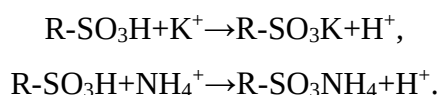
Технические характеристики ионитовых фильтров (катионитового и анионитового) представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

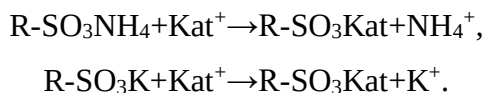
Технические характеристики ионитового фильтра

Объем	м ³	2,0
Давление рабочее	кгс/см ²	20
Давление пробное	кгс/см ²	25
Температура макс. допустимая среды	°С	58
Масса пустого сосуда	кг	1232
Масса сосуда, заполненного водой	кг	3085
Производительность фильтра	м ³ /час	40
Соппротивление дренажной системы	кгс/см ²	0,4
Допустимый перепад на фильтре	кгс/см ²	3,0
Размер щели фильтрующего узла	мм	0,25-0,05
Высота загрузки	мм	1100
Материал и объем загрузки: катионитовых фильтров анионитовых фильтров	м ³	1,4 КУ-2-2чс ГОСТ 20298-74 АВ-17-8чс ГОСТ 20301-74
Срок службы ионообменных смол катионит для ТЕ10(20)NO3 анионит для ТЕ10(20)NO3		2 года 1 год
срок службы корпуса фильтра		не менее 30 лет

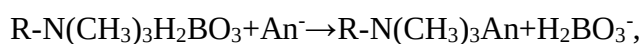
Катионитовый фильтр в Н⁺-форме предназначен для вывода избыточной щелочности и очистки теплоносителя первого контура от примесей, находящихся в катионитовой форме, особенно от радиоактивного цезия, стронция и никеля.

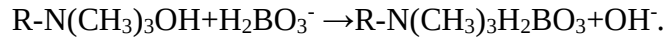


Катионитовый фильтр в смешанной аммиачно-калиевой форме (NH₄⁺ и K⁺) предназначен для поддержания водно-химического режима теплоносителя первого контура, а также для вывода из теплоносителя примесей в виде катионов.



Анионитовый фильтр в BO₃³⁻-форме предназначен для вывода из теплоносителя первого контура примесей в виде анионов радиоактивных нуклидов, а также для вывода борной кислоты из первого контура в конце кампании. При этом фильтр переводится в OH⁻-форму.





В случае несоответствия суммарной щелочности, в зависимости от концентрации H_3BO_3 дополнительно подключается резервный H^+ -катионитовый фильтр на время, необходимое для достижения нормируемой концентрации щелочности.

При работе на мощности постоянно задействованы катионитовый фильтр в аммиачно-калиевой форме и анионитовый фильтр, а катионитовый фильтр в H^+ -форме подключается кратковременно.

Подключение катионитового фильтра в H^+ -форме производится при суммарной щелочности ($\sum K, Na, Li$) выше предела, определяемого концентрацией H_3BO_3 в контуре (рис. 5.8).

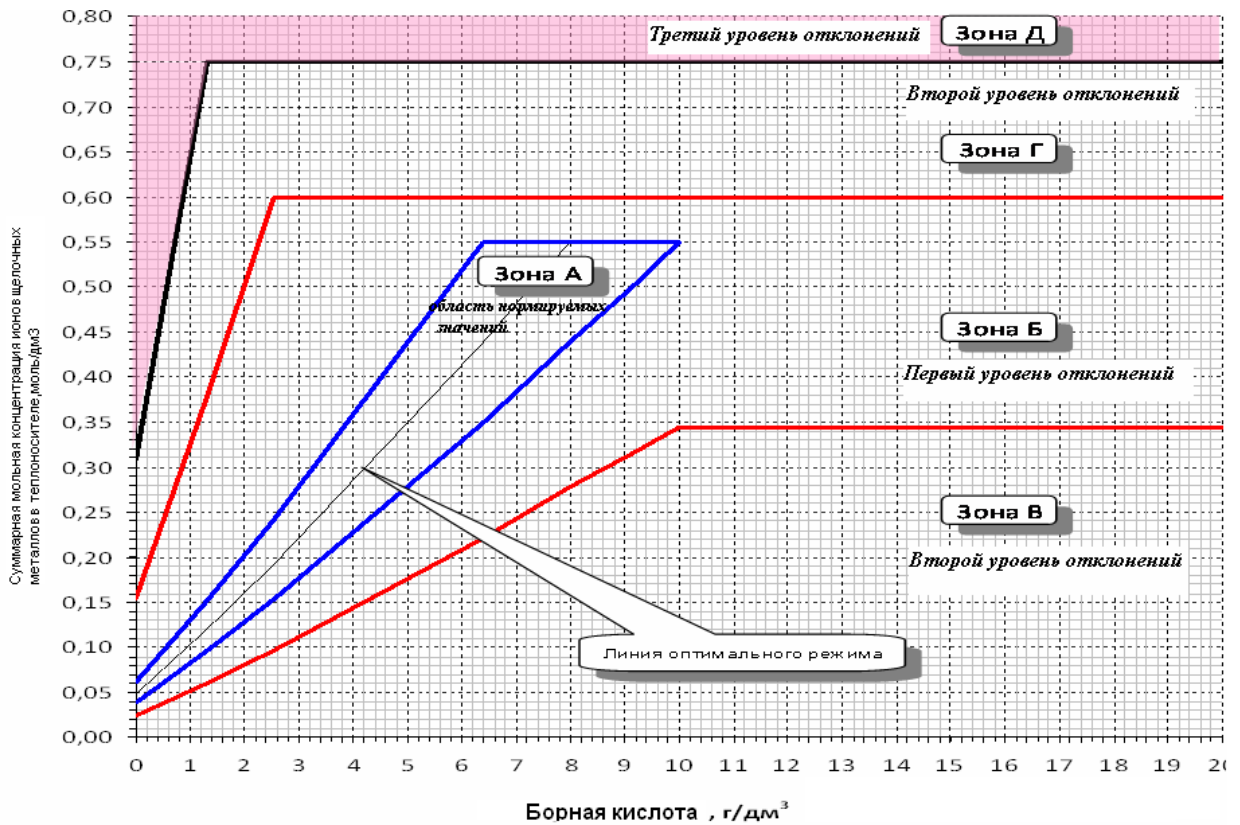


Рис. 5.8. Зависимость суммарной молярной концентрации ионов щелочных металлов ($\text{Li}, \text{K}, \text{Na}$) в теплоносителе первого контура от текущей концентрации борной кислоты

В конце кампании реактора (при концентрации H_3BO_3 в теплоносителе менее 1 г/кг), когда водообмен в целях снижения H_3BO_3 неэффективен, в работу вводится анионитовый фильтр в OH^- -форме.

Фильтр-ловушка зернистых материалов предназначен для улавливания фракций ионита дисперсностью 0,1 мм в нормальных условиях эксплуатации, а в случае

повреждения дренажных устройств основного фильтра – для улавливания всего объема ионитов из фильтра.

Технические характеристики фильтра-ловушки зернистых материалов системы СВО-2 представлены в табл. 5.3

Таблица 5.3

Технические характеристики фильтра-ловушки		
Тип		АФЛ-0,4-0,2
Объем	м ³	0,22
Давление рабочее	кгс/см ²	20
Давление пробное	кгс/см ²	25
Температура макс. допустимая среды	°С	58
Масса пустого сосуда	кг	340
Масса сосуда, заполненного водой	кг	560
Производительность ловушки	м ³ /час	40
Соппротивление дренажной системы	кгс/см ²	0,3
Допустимый перепад на фильтре	кгс/см ²	3,0

Работа системы СВО-2. Перед пуском в работу системы СВО-2 необходимо загрузить фильтрующий материал в фильтры системы. Затем производится отмывка фильтрующего материала от нерабочих фракций обратным током и заполнение фильтров дистиллятом. Ввод в работу СВО-2 осуществляется открытием арматуры и установлением рабочего режима в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Перевод анионитовых фильтров СВО-2 в бор-форму осуществляется пропуском борной кислоты через фильтры. При необходимости восполнения потерь борной кислоты, поглощенной анионитом из теплоносителя, на всас подпиточных насосов вводится борный концентрат.

Перевод катионитового фильтра в аммиачно-калиевую форму осуществляется подачей аммиака и едкого калия с помощью подпиточных насосов. Пропуск аммиака и едкого калия осуществляется до тех пор, пока концентрация последних до фильтра не будет равна концентрации после фильтра. Когда концентрация NH_4^+ и KOH в пробах, отобранных до и после фильтра, сравнивается, операция по переводу катионита в аммиачно-калиевую форму будет считаться законченной.

Если возникает необходимость перевода катионитового фильтра в аммиачно-калиевую форму при установившемся водно-химическом режиме первого контура, то включают в работу насосы-дозаторы химреагентов для подачи KOH и NH_3 на всас подпиточных насосов, создавая тем самым аммиачно-калиевый режим первого контура.

На резервную нитку система СВО-2 переводится в следующих случаях:

- для отмывки фильтров рабочей нитки при перепаде давления более допустимого;
- при увеличении содержания продуктов коррозии в теплоносителе свыше 0,2 мг/кг;

- для регенерации рабочей нитки;
- при нарушении работоспособности рабочей нитки.

Подключение резервного H^+ -катионового фильтра осуществляется в целях вывода из теплоносителя первого контура избыточной щелочности в период кампании и для вывода продуктов коррозии как основного источника активности перед остановом блока на ремонт.

Контролирующие параметры рабочей нитки СВО-2 приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Контролируемые параметры системы СВО-2

№ п/п	Параметр	Единицы измерения	Величина номин./доп. отклонения	
1	Расход продувочной воды	т/ч	30	10...40
2	Давление перед ниткой	кгс/см ²	19	16...21
3	Температура продувочной воды	°С	40	До 55
4	Перепад давления на нитке	кгс/см ²	0,5	0,4...1,5
5	Перепад давления на фильтрах	кгс/см ²	0,5	0,4...1,5
6	Перепад давления на ловушке	кгс/см ²	0,3	0,3...1,5
7	Расход фильтра после нитки	т/ч	30	0...40
8	Расход кислоты на регенерацию	т/ч	4,0	±01
9	Расход щелочи на регенерацию	т/ч	4,3	±01

Регенерация фильтров СВО-2

Регенерация фильтров СВО-2 и отмывка ФЗЛМ производится после вывода нитки из работы.

Регенерация H^+ -катионитового фильтра

Критерием вывода на регенерацию служит анализ, полученный в пробе после фильтра: $C_{Na^+} > 1,0$ мг/кг.

Регенерация осуществляется пропуском 5%-го раствора азотной кислоты в течение одного часа. Затем осуществляется промывка дистиллятом до получения в пробах после фильтра следующих анализов:

- $pH > 4,5$;
- C_{Na^+} отсутствует.

Регенерация катионитового фильтра в аммиачно-калиевой форме

Критерием вывода на регенерацию служит анализ, полученный в пробе после фильтра:

- $C_{Na^+} > 1,0$ мг/кг;
- $pH > 10,2$;

- $C_{(Li,K,Na)^+}$ больше, чем определенная по графику концентрация ионов щелочных металлов.

Порядок регенерации и критерий ее окончания осуществляется по той же технологии, что и регенерация катионового фильтра в H^+ -форме.

При невозможности отмыть катионит до значений, указанных выше, фильтр следует загрузить свежей смолой (невозможность отмыть катионит до указанных значений говорит о потере ионообменных свойств смолы).

Регенерация анионитового фильтра

Критерием вывода на регенерацию служит анализ, полученный в пробе после фильтра: $C_{Cl^-} > 0,1$ мг/кг.

Регенерация осуществляется пропуском 5%-го раствора КОН в течение одного часа. Затем осуществляется промывка дистиллятом до получения в пробах после фильтра следующих анализов:

- $pH < 9,5$;
- $C_{Cl^-} < 0,05$ мг/кг.

Если в результате промывки $C_{Cl^-} > 0,1$ мг/кг, то фильтр следует загрузить свежей смолой.

Отмывка фильтра-ловушки зернистых материалов

Основанием отмывки является перепад давления на ФЛЗМ более $1,5 \text{ кгс/см}^2$. Отмывка производится обратным током промывочной воды в течение 5...10 мин. По окончании регенерации ионитовых фильтров и отмывки ФЛЗМ нитка СВО-2 переводится в резерв.

5.4. Установка СВО-3

Назначение, состав и принцип работы установки. Система переработки трапных вод (ОТР) предназначена для приема, очистки трапных вод, которые включают в себя:

- неорганизованные протечки первого контура и других технологических систем РО блоков;
- неорганизованные протечки оборудования технологических систем спецкорпусов;
- возвратные воды из промежуточного узла хранения ХЖО (декантат после гидровыгрузки сорбентов фильтров СВО);
- воды с радиоактивностью выше допустимой из контрольных баков дистиллята СВО-3,6,7;

- воды с радиоактивностью выше допустимой блока мастерских;
- конденсат греющего пара при суммарной активности $> 3 \cdot 10^{-10}$ Ки/л;
- регенерационные воды после регенерации и взрыхления фильтров всех установок СВО;
- воды из баков радиационного контроля (БРК) ХВО при суммарной активности данной воды $> 3 \cdot 10^{-10}$ Ки/л.

СВО-3 включает в себя (рис. 5.9):

- узел сбора и предочистки трапных вод (рис. 5.10);
- узел упаривания (выпарную установку) (рис 5.11);
- узел доочистки дистиллята (рис. 5.12).



Рис. 5.9. Состав СВО-3

В состав узла приема и предочистки трапных вод входит следующее оборудование:

- 1) бак приемка трапных вод;
- 2) насосы бака приемка;

- 3) монжюс забора шлама из бака приемка трапных вод;
- 4) фильтр “Фартос”;
- 5) бак-отстойник трапных вод;
- 6) бак декантата;
- 7) насосы бака декантата;
- 8) механические фильтры предочистки;
- 9) баки осветленных трапных вод;
- 10) бак и насосы уплотняющей воды.

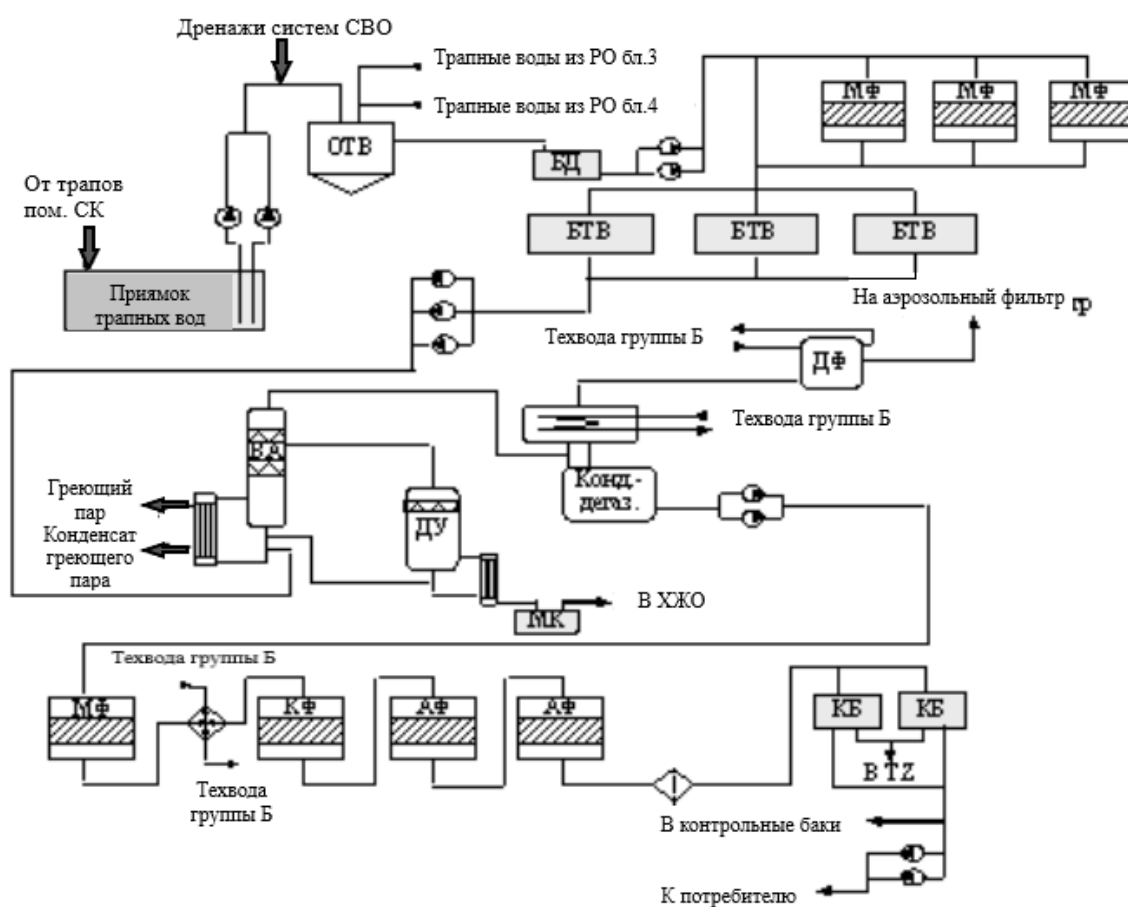


Рис. 5.10. Система очистки трапных вод

Узел выпаривания трапных вод включает:

- 1) выпарной аппарат;
- 2) доупариватель;
- 3) дефлегматор сдувок;
- 4) фильтр “Фартос”;
- 5) монжюс кубового остатка;
- 6) баки пеногасителя;
- 7) насосы дегазированной воды.

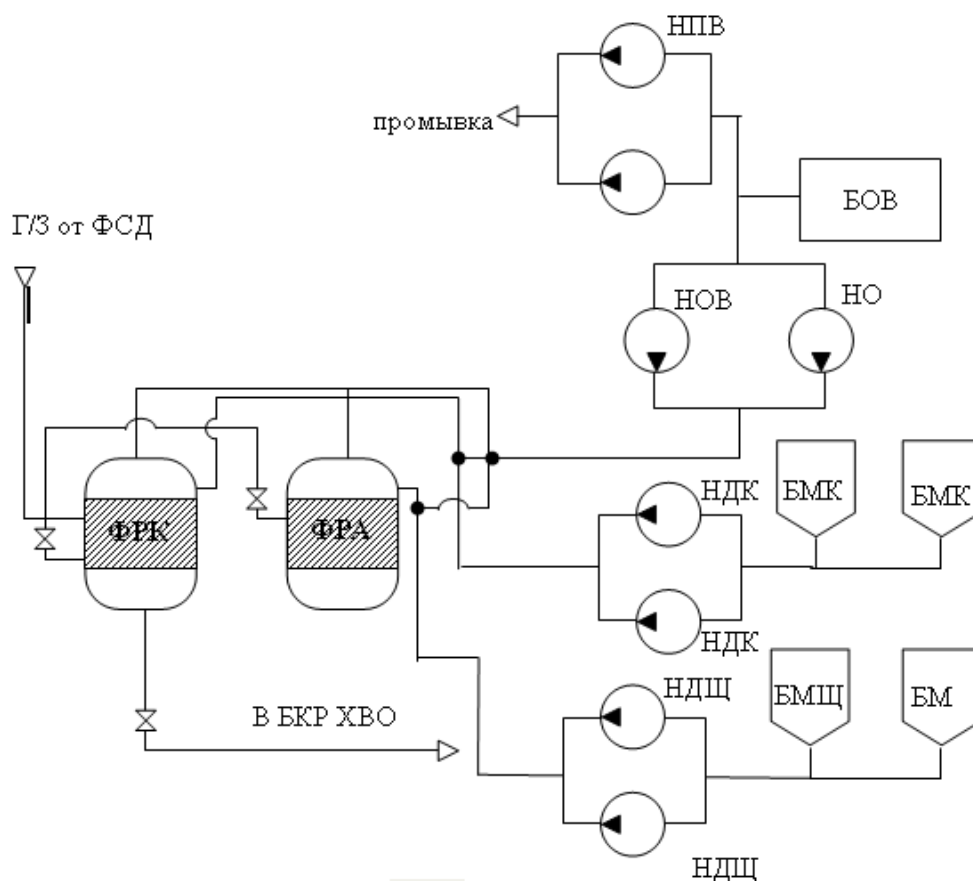


Рис. 4.11. Принципиальная схема узла выпаривания трапных вод

В состав узла доочистки дистиллята входит следующее оборудование:

- 1) механический фильтр;
- 2) теплообменник охлаждения дистиллята;
- 3) катионитовый фильтр;
- 4) анионитовый фильтр;
- 5) фильтр-ловушка зернистых материалов;
- 6) контрольные баки и насосы контрольных баков.

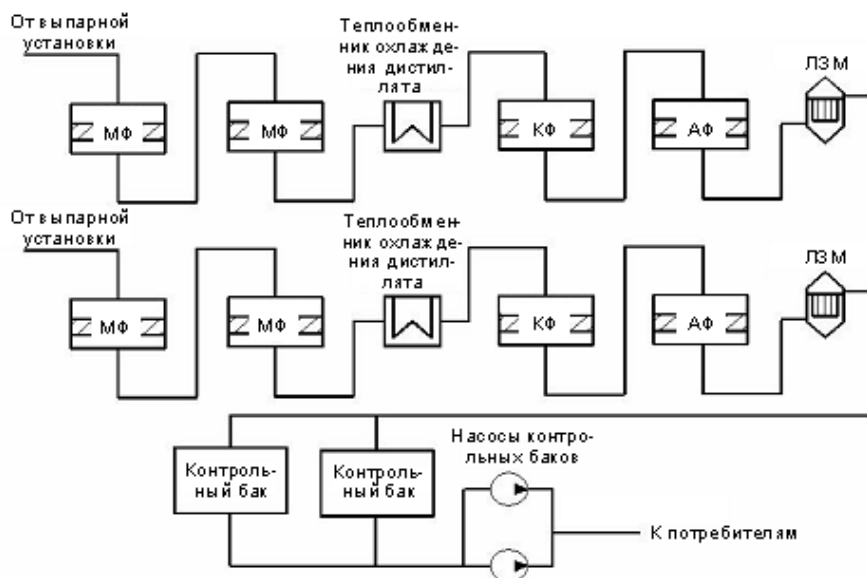


Рис. 4.12. Принципиальная схема узла доочистки дистиллята

Характеристика, устройство и принцип работы оборудования системы

Бак приемка трапных вод

Геометрический объем	33,3 м ³
Полезный объем	24,5 м ³
Длина бака	5 м
Ширина бака	3,6 м
Высота бака	1,86 м
Рабочее давление	свободный налив
Материал	08X18H10T

Бак приемка трапных вод предназначен для приема воды из системы спецканализации. Вода спецканализации поступает в «грязную» зону (шламовый отсек) бака приемка, где происходит осаждение грубодисперсных примесей. Декантированная в «грязной зоне» вода через перегородку в баке поступает в «чистую» зону, откуда насосами подается на дальнейшую очистку.

Для очистки «грязной» и «чистой» зоны бака приемка от накопившегося в них шлама используется монжюс. В целях более эффективной очистки «грязной» зоны конструктивное днище данной зоны выполнено в виде наклонного желоба, к нижней части которого подводится всасывающий трубопровод от монжюса.

Насосы бака приемка трапных вод

Тип	ХВС-45/54-Е-СД
Производительность	45 м ³ /ч
Напор	54 м вод. ст.
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	22 кВт

Насос бака приемка трапных вод – химический, вертикальный, на отдельной стойке, самовсасывающий, с сальниковым уплотнением вала и подводом к нему затворной жидкости.

Самовсасывание насоса осуществляется за счет выкачивания жидкости из бака, расположенного под корпусом насоса. Перед первоначальным пуском бак заполняется промводой. Понижение уровня жидкости в баке насоса в момент пуска создает разрежение в последнем и заставляет жидкость подниматься по всасывающему трубопроводу из бака приемка трапных вод.

В целях недопущения попадания шлама в проточную часть насосов на всасывающих трубопроводах установлены сетчатые фильтры.

Монжюс забора шлама из бака приемка трапных вод

Геометрический объем	1 м ³
Разрешенное давление	8 кгс/см ²

Монжюс предназначен для забора шлама из «грязного» и «чистого» отсеков бака прямка посредством создания в нем вакуума с помощью насосов. После заполнения монжюса шламом последний выдается сжатым воздухом в емкость фильтрующих материалов (ЕФМ).

Конструкционно монжюс представляет собой сосуд сварного исполнения, вертикального расположения, ограничивающийся цилиндрическим кожухом с лазом и глубоковыпуклым днищем, опирающийся на три трубные опоры.

Фильтр «Фартос»

«Фартос» – фильтр аэрозольный, регенерируемый, тонкой очистки, стекловолоконный с цилиндрическим корпусом. Корпус фильтра рассчитан на перепад давления 0,35 кгс/см². Фильтрующим элементом является перфорированный цилиндр, на который складками уложен фильтрующий слой, покрытый с обеих сторон холстом из ультратонкого стекловолокна. Складки фильтрующего материала разделены сепараторами.

При работе фильтра его сопротивление непрерывно возрастает, и при достижении величины около 50 мм вод. ст. фильтр подвергается промывке фильтрующего слоя, после чего последний просушивается воздухом.

Бак-отстойник трапных вод

Геометрический объем	150 м ³
Объем полезный	110 м ³
Диаметр цилиндрической части бака	6 м
Высота цилиндрической части бака	3,6 м
Высота конической части бака	2,945 м
Рабочее давление	свободный налив
Материал	08X18P10T

Бак-отстойник предназначен для осаждения грубодисперсных примесей в поступающей в данный бак трапной воде.

По мере накопления шлама в конусной части бака он удаляется с помощью монжюса в ЕФМ. Декантированная в баке-отстойнике вода через переливной трубопровод поступает в бак декантата.

Бак декантата

Объем геометрический	9,15 м ³
Объем полезный	8 м ³

Диаметр бака	2,2 м
Высота бака	2,4 м
Рабочее давление	свободный налив
Материал	08X18P10T

Бак декантата представляет собой емкость цилиндрической формы и служит промежуточной емкостью, обеспечивающей нормальную работу насосов.

Насосы бака декантата

Тип	AX65-400-200K-25
Производительность	25 м ³
Напор	5,0 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	11 кВт.

Насос бака декантата — центробежный, горизонтальный, консольный, одноступенчатый с двойным торцевым уплотнением. Направление вращения ротора - по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя. Насосы бака декантата предназначены для подачи трапной воды на фильтры предочистки.

Фильтры предочистки трапных вод

Диаметр фильтра	1,0 м
Общий объем фильтра	1,35 м ³
Объем загрузки фильтрующего материала	0,8 м ³
Высота загрузки фильтрующего материала	1,0 м
Условное давление	10 кгс/см ²
Производительность фильтрования	40 м ³ /ч

Фильтр предочистки представляет собой сосуд вертикального исполнения, состоящий из нижней и верхней частей. Нижняя часть фильтра состоит из цилиндрического кожуха, глубоковыпуклого днища, цилиндрического кожуха и фланца. Эти две части соединены друг с другом болтами.

Внутри фильтра имеются верхняя водораспределительная и нижняя водосборная системы. Верхняя водораспределительная система лучевого типа состоит из шести перфорированных трубок, приваренных к коллектору. Нижняя водосборная система состоит из центрального коллектора и из четырех коллекторов, в которых расположены перфорированные трубки, перфорация трубок закрыта щелевой пластиной.

На фильтрах предочистки происходит очистка от мелкодисперсных взвешенных частиц, которые не выделились при отстаивании в баке-отстойнике и баке приемка трапных вод. На данных фильтрах происходит также очистка от радиоактивных

загрязнений, сорбированных на взвешенных и коллоидных частицах. В качестве фильтрующего материала на фильтрах предочистки используется катионит КУ-2-8 либо импортный аналог.

Баки осветленных трапных вод

Геометрический объем	205 м ³
Рабочий объем	180 м ³
Диаметр бака	6,4 м
Высота бака	6,4 м
Рабочее давление	свободный налив
Материал	08Х18Н10Т

Бак осветленных трапных вод представляет собой емкость цилиндрической формы и служит для накопления трапных вод перед подачей на выпарные аппараты.

Насосы баков осветленных трапных вод

Тип	АХ50-32-160-25
Производительность	12,5 м ³ /ч
Напор	3,2 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	5,5 кВт

Конструкция данного насоса аналогична насосу бака декантата.

Насосы баков осветленных вод служат для подачи трапной воды на переработку в выпарных аппаратах.

Насосы прямков помещений

Тип	АХП 20/31
Напор	3,1 кгс/см ²
Производительность	20 м ³ /ч
Частота вращения	2900 об/мин

Насос прямка – наружный, вертикальный, с опорами в перекачиваемой жидкости, с охлаждением подшипников водой.

Насос прямка помещения предназначен для подачи воды из помещения в бак прямка трапных вод. Насос прямка помещения предназначен для подачи воды из данного помещения в бак-отстойник.

Бак уплотняющей воды

Геометрический объем	2,7 м ³
Рабочий объем	2,4 м ³
Высота бака	1,5 м

Рабочее давление	свободный налив
Материал	08X18H10T

Бак уплотняющей воды представляет собой сосуд кубической формы, предназначенный для хранения в нем затворной жидкости насосов узла приема и предочистки трапных вод, а также насосов установки СВО-7.

Первоначальное заполнение и последующая подпитка данного бака осуществляется промводой из баков собственных нужд.

Насосы уплотняющей воды

Тип	AX40-25-160K-25
Производительность	6,3 м ³ /ч
Напор	3,2 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	4,0 кВт

Насос уплотняющей воды конструкционно аналогичен насосу бака декантата.

Насосы уплотняющей воды предназначены для подачи затворной жидкости из бака на уплотнение насосов узла приема и предочистки трапных вод.

Выпарной аппарат (ВА)

Максимальная производительность	7,0 м ³ /ч
Поверхность нагрева	150 м ²
Рабочее давление:	0,2 кгс/см ²
- в сепараторе	0,2 кгс/см ²
- трубном пространстве греющей камеры	3,5 кгс/см ²
- межтрубном пространстве греющей камеры	
Рабочая температура:	
- в сепараторе	104 °С
- трубном пространстве	104 °С
- межтрубном пространстве греющей камеры	138 °С
Расчетное давление (на весь аппарат)	8,0 кгс/см ²

ВА является аппаратом естественной циркуляции с вынесенной греющей камерой, состоящей из следующих основных узлов: греющей камеры, сепаратора, циркуляционной трубы. Соединение узлов аппарата между собой выполнено на фланцевых разъемах.

Греющая камера представляет собой одноходовой вертикальный кожухотрубный теплообменник, в котором в трубном пространстве циркулирует упариваемый раствор. Для снятия напряжения, возникающего во время работы и пуска в греющих трубах,

корпусе и в местах приварки труб с трубными решетками, на греющей камере предусмотрен линзовый компенсатор.

На корпусе камеры находится расширитель с полулинзами, а внутри камеры – отбойник, способствующий более равномерному распределению греющего пара по сечению трубного пучка. Удаление неконденсирующихся газов из межтрубного пространства в верхней части греющей камеры производится через штуцер сдувки.

Верхняя часть греющей камеры соединена с сепаратором через верхнюю камеру переходным патрубком, а нижняя – через нижнюю растворную камеру и циркуляционную трубу.

Сепаратор представляет собой сварной цилиндрический сосуд с эллиптическими днищами, снабженный люком и технологическим днищем, а также штуцерами КИП. Для очистки пара от капельного уноса в сепараторе имеется пять сепарационных устройств. Каждое устройство включает в себя жалюзийный брызгоуловитель и барботажную сетчато-клапанную тарелку.

Тарелка работает следующим образом. Пар поступает на тарелку снизу и проходит через отверстия перфорированного листа. Жидкость поступает на тарелку сверху через приемный клапан и движется по перфорированному листу и сливному карману. При малых нагрузках по пару скорость пара в отверстиях такова, что его энергии недостаточно для преодоления веса клапанов. В этом случае пар проходит через незакрытые клапанами отверстия. Под клапанами образуется паровая подушка с давлением, равным примерно сопротивлению парожидкостного слоя на тарелке, и поэтому жидкость не может протекать через отверстия, закрытые клапанами. По мере увеличения нагрузки по пару энергия паровых струй, выходящих из не закрытых клапанами отверстий, возрастает, при некотором ее значении клапаны начинают открываться, и тем больше, чем выше нагрузка по пару. При этом живое сечение тарелки увеличивается. Пар начинает выходить из отверстий, находящихся под клапанами, и, отражаясь от поверхности клапанов, открытых под углом к плоскости перфорированного листа, изменяет направление. Выходящий из-под клапанов поток пара увлекает за собой жидкость в направлении сливного кармана, тем самым создавая направленное течение жидкости и исключая образование застойных зон.

Принцип работы ВА: исходный раствор поступает в нижнюю растворную камеру греющей камеры и далее в греющие трубки. В греющих трубках раствор нагревается и вскипает. Парожидкостная смесь поступает в сепаратор, где происходит его разделение. Отделившийся раствор, смешиваясь с исходным, вновь идет по циркуляционной трубе в греющую камеру. При достижении конечного солесодержания упаренный раствор

самотеком через штуцер опорожнения в нижней части греющей камеры сливается в монжюс кубового остатка. Вторичный пар уходит последовательно через брызгоуловители, тарелки, орошаемые подаваемой сверху флегмой, и, очищенный от капель, направляется в конденсатор-дегазатор.

Конденсатор-дегазатор (КД)

Максимальная производительность	7,0 м ³ /ч
Поверхность конденсатора	53,5 м ²
Поверхность обогрева	0,55 м ²
Рабочее давление:	
- охлаждающей воды	6 кгс/см ²
- в межтрубном пространстве конденсатора	1,2 кгс/см ²
- греющего пара в испарителе	3,5 кгс/см ²
Рабочая температура:	
- на входе охлаждающей воды	40 °С
- выходе охлаждающей воды	53 °С
- в межтрубном пространстве конденсатора,	
испарителя	104 °С
- греющего пара в испарителе	138 °С

КД состоит из трех частей: конденсатора, дегазированной колонны и испарителя.

Конденсатор представляет собой горизонтальный двухходовой по охлаждающей воде кожухотрубный теплообменник. Температурные расширения компенсируются линзовым компенсатором. В качестве охлаждающей воды в трубном пространстве конденсатора циркулирует техническая вода, в межтрубном пространстве проходит конденсация вторичного пара ВА, который подается в количестве примерно 90 % общего расхода через основной патрубок. Конденсат пара стекает вниз, образуя на дырчатом листе слой воды, переливается через буртик, стекает по дегазированной колонне, заполненной кольцами Рашига для создания пленки, и собирается в испарителе, из которого удаляется для дальнейшей очистки через выходной патрубок. Оставшиеся 10 % вторичного пара поступают через патрубок входа пара в пространство между стенкой и кожухом и барботируются через слой воды на дырчатом листе, обеспечивая первую ступень дегазации.

Вторая ступень дегазации обеспечивается за счет кипения воды в испарителе. Источником тепла является пар, который подается в змеевик. Образующийся при кипении пар поднимается по дегазированной колонне, омывая пленку воды, нагревая ее до температуры насыщения. Благодаря большой поверхности насадки из колец Рашига

создаются хорошие условия для удаления из воды растворенных газов. Выделившиеся газы совместно с паром через прикрываемую козырьком трубу направляются в конденсатор. Из конденсатора газы удаляются через сдувку в дефлегматор сдувок.

Дефлегматор сдувок (ДС)

Производительность по паровой смеси	0,028 кг/с
Расход охлаждающей воды	5 м ³ /ч
Поверхность теплообменника	5 м ²
Количество труб в теплообменнике	36 шт.
Рабочее давление:	
- в корпусе	0,2 кгс/см ²
- трубках	6 кгс/см ²
Рабочая температура:	
- в корпусе: на входе	100 °С
выходе	80 °С
- трубках: на входе	30 °С
выходе	60 °С

ДС предназначен для разделения парогазовой смеси, поступающей с КД, конденсации пара и охлаждения газов. ДС представляет собой вертикальный двухходовой по охлаждающей воде кожухотрубный теплообменник. В качестве охлаждающей воды используется техническая вода, подаваемая в трубное пространство. Парогазовая смесь входит через патрубок в межтрубное пространство ДС, охлаждается, пар конденсируется и конденсат сливается в трап, а газы поступают в систему газовых сдувок.

Монжюс кубового остатка

В качестве монжюса кубового остатка используется аппарат, аналогичный монжюсу забора шлама из бака прямка.

Монжюс кубового остатка предназначен для слива в него упаренного в ВА раствора и последующей выдачи его сжатым воздухом в емкость кубового остатка (ЕКО).

Бак пеногасителя

Объем бака	40 л
Рабочее давление	6 кгс/см ²
Мощность привода мешалки	0,55 кВт
Частота вращения мешалки	75 об/мин

Бак пеногасителя представляет собой вертикальный сосуд, состоящий из корпуса и крышки, скрепленных зажимами. На крышке установлены привод вала с мотором-редуктором, уплотнение торцевого типа и мешалки.

Бак пеногасителя предназначен для приготовления раствора пеногасителя в нем и, при необходимости, подачи его в сепаратор ВА.

Насосы дегазированной воды

Тип	АХО 50-32-200К-2Г
Производительность	12,5 м ³ /ч
Напор	5 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	15 кВт

Насос дегазированной воды – центробежный, горизонтальный, консольный, одноступенчатый с двойным торцевым уплотнением и охлаждением подшипникового узла.

Рабочая часть характеристик насоса:

- $H = 4,7 \dots 5,2$ кгс/см²;
- $Q = 7 \dots 17$ м³/ч.

Насос предназначен для подачи дегазированной воды после КД на фильтры доочистки дистиллята.

Механический фильтр доочистки дистиллята

Диаметр:

- фильтра с кожухом	1,2 м
- собственно фильтра	1,0 м
Общий объем фильтра	1,9 м ³
Объем загрузки фильтрующего материала	1,36 м ³
Высота загрузки фильтрующего материала	1,7 м
Условное давление	10 кгс/см ²
Производительность фильтрования	40 м ³ /ч

Механический фильтр (МФ) – сосуд вертикального исполнения. Внутри фильтра имеются маслосепарационная вставка, служащая для концентрирования находящихся в жидкости нефтепродуктов и сбора их в верхней части фильтра, и нижняя водосборная система.

Вставка для отделения масла – цилиндрическая коробка диаметром 750 мм, заглушенная с обеих сторон плоской пластиной. Пластина, через которую фильтрующая жидкость поступает в рабочее пространство аппарата, на верхней стороне перфорированная. В качестве фильтрующего материала во вставке используется активированный уголь.

Нижняя водосборная система состоит из центрального коллектора, четырех боковых коллекторов и 19 фильтрующих труб. На нижней части фильтрующих труб расположен ряд отверстий диаметром 8 мм, которые закрыты фильтрующей пластиной со щелями 0,25 мм шириной.

МФ предназначен для очистки горячего дистиллята от нефтепродуктов и других органических веществ, а также мелкодисперсных механических частиц. В качестве фильтрующего материала в фильтре используется БАУ либо ДАК.

Теплообменник охлаждения дистиллята (ТОД)

Поверхность теплообмена	20 м ²
Количество труб в теплообменнике	110 шт.
Рабочая среда:	
- в корпусе – дегазированная вода	
- трубках – охлаждающая вода (техвода)	
Рабочая температура:	
- в корпусе	104 °С
- трубках	45 °С
Максимальное рабочее давление:	
- в корпусе	6 кгс/см ²
- трубках	9,5 кгс/см ²

ТОД предназначен для охлаждения дегазированной воды до температуры 40 °С, необходимой для работы ионообменных фильтров доочистки дистиллята.

Данный теплообменник представляет собой вертикальный аппарат кожухотрубного типа, двухходовой по охлаждающей воде и одноходовой по дистилляту.

Катионитовый фильтр доочистки дистиллята

Диаметр:	
- фильтра с кожухом	1,2 м
- собственно фильтра	1,0 м
Общий объем фильтра	1,9 м ³
Объем загрузки фильтрующего материала	1,36 м ³
Высота загрузки фильтрующего слоя	1,7 м
Условное давление	10 кгс/см ²
Производительность фильтрования	40 м ³ /ч

КФ представляет сосуд вертикального исполнения. Внутри сосуда имеются верхняя водораспределительная система и нижняя водосборная система.

Верхняя водораспределительная система - лучевого типа, состоит из шести труб с рядом отверстий диаметром 8 мм, приваренных к коллектору.

Нижняя водосборная система – съемного исполнения, состоит из центрального коллектора, четырех коллекторов и 19 фильтрующих труб, на нижней части фильтрующих труб расположен ряд отверстий диаметром 8 мм, которые закрыты фильтрующей пластиной с щелями шириной 0,25 мм.

КФ предназначен для очистки дистиллята от катионов Na^+ , K^+ .

В качестве фильтрующего материала в данном фильтре используется катионит КУ-2-8 либо импортный аналог. При истощении обменной емкости фильтрующего материала проводится регенерация 5%-м раствором HNO_3 .

Анионитовый фильтр доочистки дистиллята

В качестве АФ используется фильтр, аналогичный по конструкции и своим характеристикам катионитовому фильтру.

АФ предназначен для очистки дистиллята от анионитов, в основном от Cl^- .

В качестве фильтрующего материала в данном фильтре используется анионит АВ-17-8 либо импортный аналог. При истощении обменной емкости фильтрующего материала проводится регенерация 5%-м раствором NaOH .

Оптимальный температурный режим работы АФ – 30...40 °С.

Ловушка зернистых материалов (ЛЗМ)

Геометрический объем	0,04 м ³
Условное давление	10 кгс/см ²
Производительность фильтрования	10 м ³ /ч

Ловушка зернистых материалов представляет собой сосуд вертикального исполнения. Внутри сосуда расположены 3 фильтрующих патрона, которые крепятся к трубной доске. Патроны состоят из фильтрующих желобов, снабженных шестью щелями размером 0,25 мм, установленных на перфорированной трубе.

ЛЗМ предназначена для предотвращения попадания ионообменной смолы в технологический цикл при разрушении нижней водосборной системы анионитового фильтра.

Контрольный бак (КБ)

Полный объем	70 м ³
Рабочий объем	55 м ³
Диаметр бака	4,5 м
Высота бака	4,5 м
Рабочее давление	свободный налив

Материал

08X18H10T

КБ представляет собой цилиндрический сосуд, предназначенный для приема дистиллята после его очистки на фильтрах доочистки дистиллята.

Насос контрольных баков

Тип	АХ 65-40-200К-2Г
Производительность	25 м ³
Напор	5,0 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	11 кВт

Насос контрольных баков – центробежный, горизонтальный, консольный, одноступенчатый с двойным торцевым уплотнением. Направление вращения ротора – по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя.

Насос контрольных баков в зависимости от анализа предназначен для подачи дистиллята КБ:

- в баки РО;
- брызгальный бассейн II очереди;
- контрольные баки, спецкорпуса.

Бак собственных нужд (БСН)

Полный объем	205 м ³
Рабочий объем	180 м ³
Высота бака	6,4 м
Диаметр бака	6,4 м
Рабочее давление	свободный налив
Материал	08X18H10T

БСН представляет собой емкость цилиндрической формы и служит для хранения в нем дистиллята, поступающего из контрольных баков системы СВО-3. Имеется трубопровод подпитки данного бака химобессоленной водой с химводоочистки (ХВО).

Насос баков собственных нужд

Тип	Х45/90-2Г
Производительность	43 м ³ /ч
Напор	9,0 кгс/см ²
Частота вращения	2900 об/мин
Мощность электродвигателя	37 кВт

Насос баков собственных нужд – центробежный, химический, горизонтальный с двойным торцевым уплотнением.

Насос баков собственных нужд предназначен для транспортировки промводы на собственные нужды (для проведения взрыхления, регенераций, разбавления реагентов и т.д.). Кроме того, данный насос может быть использован в качестве насоса уплотняющей воды при невозможности эксплуатации последнего.

Технология очистки трапных вод включает следующие операции:

- прием и предварительная очистка трапных вод;
- разогрев выпарной установки;
- очистка трапной воды на выпарной установке и узле доочистки дистиллята;
- выдача кубового остатка.

Технологическая схема СВО-3 приведена на рис. 5.13, 5.14, 5.15.

Прием и предварительная очистка трапных вод

Вода из системы спецканализации самотеком сливается в приямок. Из приямка она подается в бак-отстойник. В баке-отстойнике за счет оседания механических примесей происходит осветление воды и независимо от постоянного слива и перелива происходит оседание основных механических примесей. Это объясняется тем, что скорость движения воды из-за большой площади сечения в отстойнике резко уменьшается, в результате чего частицы оседают на дно под действием силы тяжести. При этом в частично осветленной воде снижается содержание радиоактивных веществ, которые собираются на поверхности оседающих частиц.

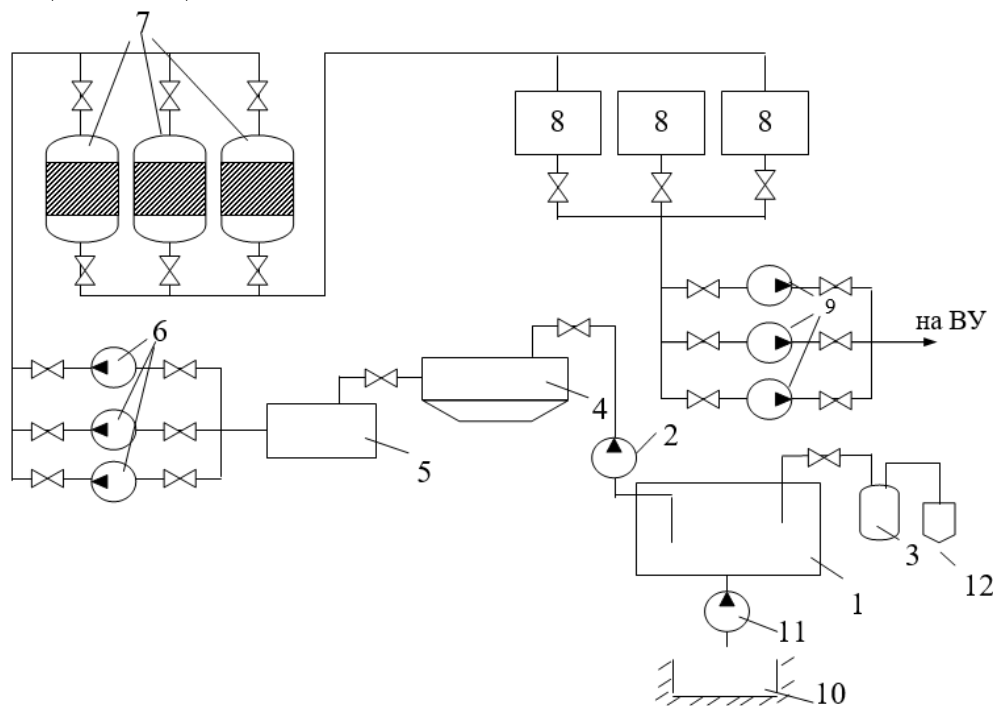


Рис. 5.13. Узел приема и предочистки трапных вод:

1 – бак приема трапных вод; 2 – насос бака приема трапных вод; 3 – монжюс забора шлама из бака приема трапных вод; 4 – бак-отстойник трапных вод; 5 – бак декантата; 6 – насосы бака декантата; 7 – механические фильтры предочистки; 8 – бак осветненных трапных вод; 9 – насосы баков осветненных трапных вод; 10 – приямок; 11 – насос приямка; 12 – фильтр «Фартос»

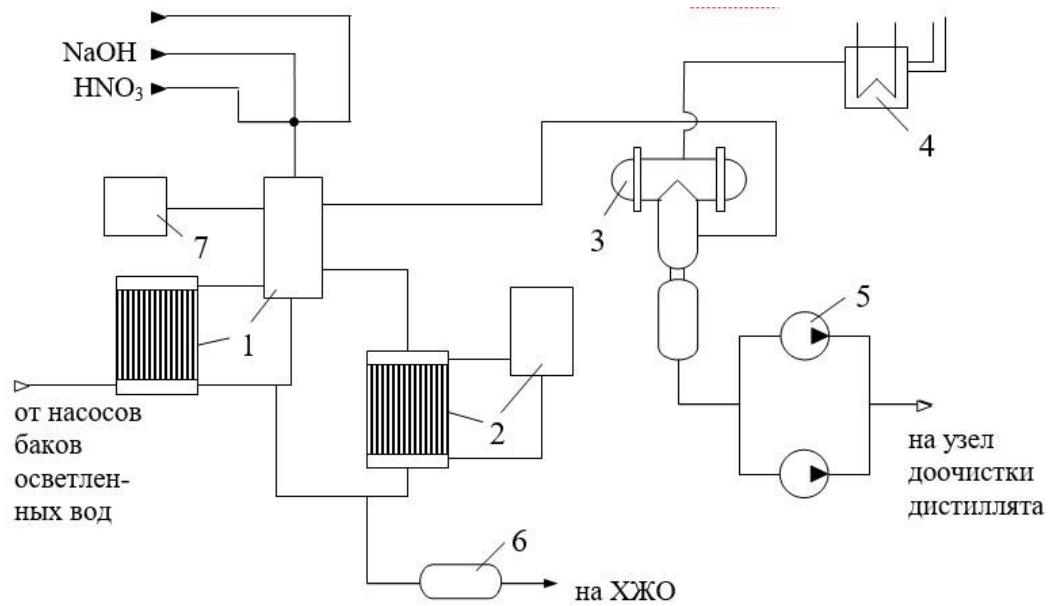


Рис. 5.14. Узел выпаривания трапных вод:
 1 – выпарной аппарат; 2 – доупариватель; 3 – конденсатор-дегазатор;
 4 – дефлегматор сдувок; 5 – насосы дегазированной воды;
 6 – монжюс кубового остатка; 7 – бак пеногасителя

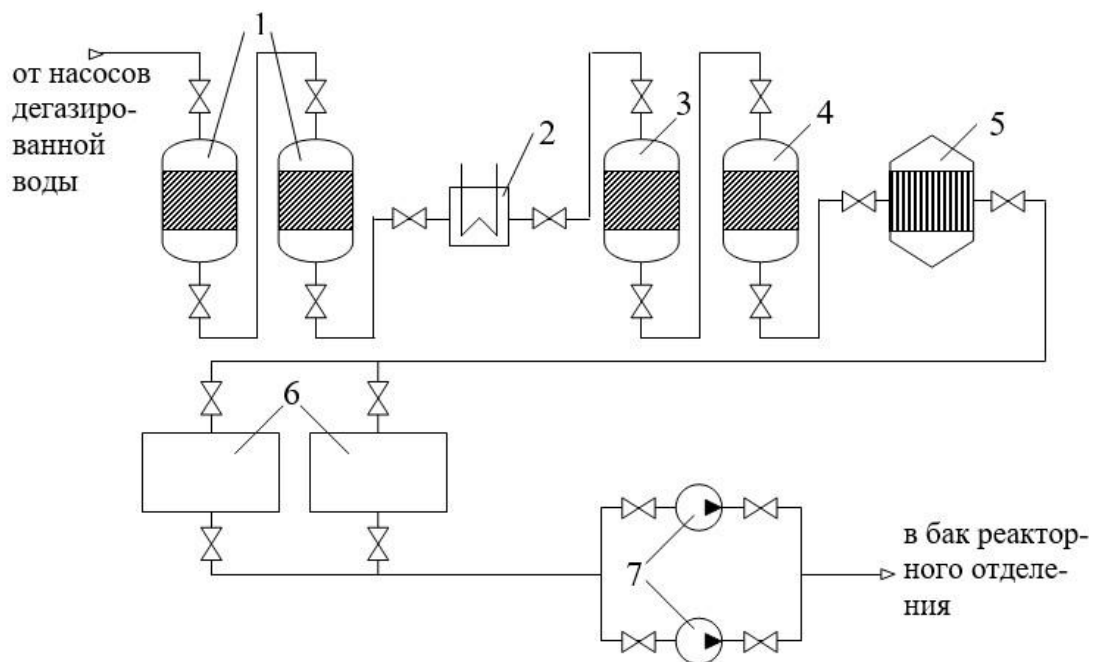


Рис. 5.15. Узел доочистки дистиллята:
 1 – механические фильтры; 2 – теплообменник охлаждения дистиллята;
 3 – катионитовый фильтр; 4 – анионитовый фильтр; 5 – ловушка зернистых материалов; 6 – контрольные баки; 7 – насосы контрольных баков

Сливаемая через перелив бака-отстойника вода поступает в бак декантата, откуда насосами подается на фильтры предочистки.

На механических фильтрах осуществляется очистка от мелкодисперсных взвешенных частиц, которые не выделились при отстаивании. На механических фильтрах также происходит очистка от радиоактивных загрязнений, сорбированных на взвешенных и коллоидных частицах, задерживаемых фильтрующим слоем. В качестве фильтрующего материала используются керамические шарики или катионит КУ-2-8.

Очищенная на фильтрах вода поступает в один из баков трапных вод. В баке трапных вод определяется pH и при необходимости корректируется подачей щелочи до величины $pH = 10,5 \dots 10,8$. Это вызвано тем, что при $pH < 10,5$ наблюдается увеличение осадков на внутренней поверхности труб греющей камеры.

Затем вода подается на выпарной аппарат. Дистиллят после выпарного аппарата подается на конденсатор-дегазатор. Дегазированный конденсат после конденсатора-дегазатора откачивается насосами на механические фильтры, в которых на активированном угле происходит улавливание масла и других органических веществ.

Перед поступлением на ионообменные фильтры дистиллят охлаждается до температуры $40 \dots 50$ °С на теплообменнике во избежание термогидролиза ионообменных смол.

На катионитовом фильтре дистиллят очищается от ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , а на анионитовом – в основном от ионов Cl^{-} .

После заполнения дистиллятом одного из контрольных баков производится химический анализ данной воды, а также замеряется суммарная удельная активность.

При удовлетворительных анализах дистиллят подается в баки дистиллята реакторных отделений либо в баки собственных нужд блока СВО.

При неудовлетворительных анализах воды контрольного бака возможна очистка ее через ионообменные фильтры доочистки дистиллята либо слив в баки трапных вод для повторной очистки.

Полученный в результате упаривания в выпарном аппарате солевой концентрат (кубовой остаток) периодически удаляется посредством монжюса в емкости хранения жидких радиоактивных отходов. Выдача кубового остатка из выпарного аппарата осуществляется при достижении в нем сухого остатка 200 г/кг.

Техническое обслуживание

В период нормальной эксплуатации оборудования оперативный персонал СВО-3 осуществляет:

- контроль параметров работы оборудования в соответствии с табл. 5.5;
- контроль водного режима системы методом анализа отобранных проб в соответствии с табл. 5.6;
- контроль общего солесодержания в выпарном аппарате СВО-3. Данный контроль осуществляется посредством взятия пробы из нижней части сепаратора выпарного аппарата с последующим производством анализа на сухой остаток;
- контроль состояния работающего оборудования и трубопроводов путем проведения периодических осмотров, но не реже, чем через каждые 2 часа;
- вывод в ремонт и вывод из ремонта отдельных узлов и оборудования;
- проведение химических промывок оборудования выпарной установки;
- проведение регенерации и отмывок фильтрующего материала фильтров установки СВО-3.

Таблица 5.5

Объем теплотехнического контроля оборудования СВО-3

№	Наименование параметра	Единицы измерения	Номинальное значение
1.	Уровень воды в баке приемка трапных вод	см	50...100
2.	Температура в баке приемка	°C	90
3.	Давление воды на всасе насоса уплотняющей воды	кгс/см ²	0,2
4.	Давление воды на напоре насоса уплотняющей воды	кгс/см ²	5,4
5.	Уровень воды в приемке бака трапных вод	см	10...40
6.	Уровень воды в баке-отстойнике трапных вод	см	350
7.	Сигнализатор уровня шлама в баке-отстойнике	см	50...150
8.	Давление в баке-отстойнике	кгс/см ²	0,2
9.	Уровень воды в приемке бака-отстойника	см	10...40
10.	Уровень воды в баке декантата	см	50...110
11.	Давление воды на напоре насоса OTR20D03	кгс/см ²	5,0
12.	Давление воды на напоре насоса OTR20D03	кгс/см ²	5,0
13.	Расход воды от насосов бака декантата к фильтрам	м ³ /ч	25
14.	Давление воды перед фильтром	кгс/см ²	5,0
15.	Давление воды после фильтра	кгс/см ²	4,0
16.	Уровень воды в баке осветленных трапных вод	см	30...590
17.	Расход раствора NaOH на баки осветленных трапных вод	м ³ /ч	2,5
18.	Давление на всасе насоса осветленных трапных вод	кгс/см ²	0,6
19.	Давление на напоре насоса осветленных трапных вод	кгс/см ²	3,2
20.	Расход трапной воды на ВА	м ³ /ч	6,0
21.	Уровень в ВА	см	95
22.	Температура в греющей камере ВА	°C	106
23.	Давление вторичного пара после ВА	кгс/см ²	0,2
24.	Перепад давления в сепараторе ВА	кгс/см ²	0,15
25.	Температура вторичного пара после ВА	°C	105
26.	Уровень дистиллята в КД	см	70
27.	Давление в КД	кгс/см ²	0,2
28.	Температура дегазированной воды после КД	°C	104
29.	Электропроводность дистиллята после КД	мкСм/см	1,5
30.	Давление на всасе насоса дегазированной воды	кгс/см ²	0,2
31.	Давление на напоре насоса дегазированной воды	кгс/см ²	6,0

№	Наименование параметра	Единицы измерения	Номинальное значение
32.	Уровень кубового остатка в монжюсе	см	5...65
33.	Давление в монжюсе	кгс/см ²	6,0
34.	Расход флегмы на ВА	м ³ /ч	0,8...1,0
35.	Расход дистиллята на фильтры доочистки	м ³ /ч	5,5
36.	Давление перед МФ	кгс/см ²	6,0
37.	Давление после фильтра МФ	кгс/см ²	5,0
38.	Давление перед фильтром КФ	кгс/см ²	4,0
39.	Давление после фильтра КФ	кгс/см ²	3,5
40.	Давление перед АФ	кгс/см ²	3,5
41.	Давление после АФ	кгс/см ²	3,0
42.	Давление перед ловушкой	кгс/см ²	3,0
43.	Давление после ловушки	кгс/см ²	2,7
44.	Температура воды перед КФ	°С	40
45.	Электропроводность воды после ловушки	мкСм/см	0,5
46.	рН воды после ловушки	ед.	6
47.	Электропроводность воды после ловушки	мкСм/см	0,5
48.	Температура дистиллята в баке	°С	40

Таблица 5.6

Объем водно-химического контроля системы СВО-3

Объем контроля	Единица измерения	Норма	Периодичность
1. Трапная вода бака приемка: - борная кислота - нефтепродукты	г/дм ³	не норм. не норм.	по распоряжению
2. Трапная вода из бака декантата: - борная кислота	г/дм ³	не норм.	по распоряжению
3. Трапная вода после фильтра предочистки: - прозрачность(Пр) - нефтепродукты	% мг/дм ³	не менее 90 не норм.	по распоряжению
4. Трапная вода бака осветленных трапных вод: - рН	ед.	не менее 9 (при содержании борной кислоты менее 0,5 г/кг) не менее 9,5 (при содержании борной кислоты менее 1,0 г/кг) не менее 10 (при содержании борной кислоты более 1,0 г/кг)	Перед подключением бака, по распоряжению
- нефтепродукты - борная кислота - NH ₃	мг/дм ³ г/дм ³ мг/дм ³	не нормир. не нормир. не нормир.	Перед подключением бака, по распоряжению
5. Дегазированный конденсат перед МФ:	ед.	не нормир.	по

Объем контроля	Единица измерения	Норма	Периодичность
- рН - Пр	%	не нормир.	распоряжению
6. Вода после МФ: - нефтепродукты - Пр	мг/дм ³ %	не нормир. не менее 90	по распоряжению
7. Вода после КФ: - рН - Na ⁺ - NH ₃ - жесткость (ЖО)	ед. мг/дм ³ мг/дм ³ мг-экв/дм	не более 6,0 не более 0,1 не более 0,5 не более 0,005	по распоряжению
8. Вода после АФ: - рН - Na ⁺ - Cl ⁻	ед. мг/дм ³ мг/дм ³	не менее 6,0 не более 0,1 не более 0,05	по распоряжению
9. Вода контрольных баков - рН - Пр - борная кислота - Na ⁺ - NH ₃ - Cl ⁻ - нефтепродукты - железо - ЖО - сумма A _{уд.} рН - Пр - борная кислота - Na ⁺ - NH ₃ - Cl ⁻ - нефтепродукты - железо - ЖО - сумма A _{уд.}	При подаче в баки собственных нужд		по распоряжению, после заполнения бака
	ед. % г/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг-экв/дм ³ Ки/л	не менее 6,0 не менее 95 не менее 0,06 не более 0,1 не более 0,5 не более 0,05 не более 0,1 не более 0,02 не более 0,005 менее 3·10 ⁻¹⁰	по распоряжению, после заполнения бака
	При подаче в баки приготовления реагентов		по распоряжению, после заполнения бака
	ед. % г/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг-экв/дм ³ Ки/л	5,9...10,3 не менее 95 менее 0,06 не более 1,0 не нормир. не более 0,1 не более 0,5 не более 0,05 не более 0,005 менее 3·10 ⁻¹⁰	по распоряжению, после заполнения бака
	ед. % г/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³	5,7...10 не менее 95 менее 0,06 не более 0,1 не более 0,5 не более 0,05 не более 0,1	2 раза в неделю см. 0,7...15
	ед. % г/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³	5,7...10 не менее 95 менее 0,06 не более 0,1 не более 0,5 не более 0,05 не более 0,1	2 раза в неделю см. 0,7...15
10. Вода баков собственных нужд: - рН - Пр - борная кислота - Na ⁺ - NH ₃ - Cl ⁻	ед. % г/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³ мг/дм ³	5,7...10 не менее 95 менее 0,06 не более 0,1 не более 0,5 не более 0,05 не более 0,1	2 раза в неделю см. 0,7...15

Объем контроля	Единица измерения	Норма	Периодичность
- нефтепродукты - железо - ЖО - сумма $A_{уд.}$	$мг/дм^3$ $мг/дм^3$ $мг-экв/дм^3$ $Ки/л$	не более 0,05 не более 0,005 менее $3 \cdot 10^{-10}$	2 раза в неделю см. 07...15
11. Кубовый остаток ВА: - сухой остаток - борная кислота	$г/дм^3$ $г/дм^3$	150...300 До 250	По распоряжению

Химические промывки оборудования выпарной установки включают следующие виды:

- кислотная промывка выпарного аппарата и доупаривателя;
- щелочная промывка выпарного аппарата и доупаривателя;
- кислотная промывка конденсатора-дегазатора.

Кислотная промывка выпарного аппарата

Одной из основных характеристик работы выпарного аппарата является его производительность, которая в конечном счете определяется количеством тепла, передаваемого выпариваемой воде, а это, в свою очередь, зависит от состояния поверхности нагрева, то есть степени загрязнения ее отложениями. Причиной загрязнения греющей камеры является в основном образование калиевой накипи, состоящей из смеси $CaSO_4$, $CaSiO_3$ и $CaCO_3$ с примесью продуктов коррозии в результате выпадения в осадок этих малорастворимых солей при упаривании раствора.

Вследствие всего вышесказанного при снижении производительности выпарной установки до $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении греющего пара на $0,5 \text{ кгс/см}^2$ выше номинального либо при снижении вдвое расхода греющего пара на доупариватель, если после сброса кубового остатка из него не удастся добиться увеличения расхода греющего пара до $0,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при нормальном давлении греющего пара), производится кислотная, а затем щелочная промывка выпарного аппарата.

Последовательность операций кислотной промывки заключается в следующем:

- сдrenировать рабочий раствор в спецканализацию, при необходимости – выдать кубовой остаток в емкость ХЖО;
- заполнить через трубопровод подачи в верхнюю часть сепаратора выпарного аппарата 5%-м раствором HNO_3 до номинального уровня выпарного аппарата и доупаривателя, после чего промыть данный трубопровод в течение пяти минут промывочной водой от остатков азотной кислоты;
- произвести разогрев выпарной установки, ограничив расход греющего пара на выпарной аппарат до $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ и доупариватель до $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- по истечении 40 мин дважды произвести выдачу кубового остатка на ХЖО;
- произвести водообмен выпарного аппарата, для чего подать в верхнюю часть сепаратора промводу, степенью открытия вентиля на дренаже с выпарного аппарата обеспечить поддержание в нем рабочего уровня 0,6 м. Снизить расход греющего пара на выпарной аппарат до 2 м³/ч и на доупариватель – до 0,2 м³/ч;
- через 1 ч прекратить подачу промводы, закрыть подачу греющего пара на выпарную установку и полностью сдренировать выпарной аппарат и доупариватель в спецканализацию.

Щелочная промывка выпарного аппарата

Щелочная промывка выпарного аппарата производится 5%-м раствором HNO_3 в режиме рециркулярной выпарной установки.

Щелочная промывка производится после кислотной в следующей последовательности:

- заполнить выпарной аппарат и доупариватель через трубопровод подачи в верхнюю часть сепаратора выпарного аппарата 5%-м раствором HNO_3 до номинальных уровней, после чего в течение пяти минут промыть данный трубопровод промводой от остатков едкого натра;
- произвести разогрев выпарной установки, ограничив расход греющего пара на выпарной аппарат до 4 м³/ч и доупариватель до 0,4 м³/ч;
- по истечении 1,5 ч произвести выдачу кубового остатка на ХЖО;
- произвести водообмен выпарного аппарата промводой;
- прекратить подачу греющего пара, дозаполнить выпарной аппарат и доупариватель до номинальных уровней и вывести ВУ в резерв.

Последовательность операций по проведению химических промывок выпарного аппарата приведена в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Операции по проведению кислотной и щелочной промывок выпарного аппарата

№ п/п	Наименование операции	Вид промывки выпарного аппарата	
		Кислотная	Щелочная
1	Заполнение выпарного аппарата	5%-й раствор HNO_3	5%-й раствор NaOH
2	Разогрев ВА, режим рециркуляции	Расход греющего пара на ВА 4 м ³ /ч, на доупариватель 0,4 м ³ /ч	Расход греющего пара на ВА 4 м ³ /ч, на доупариватель 0,4 м ³ /ч
3	Работа в режиме рециркуляции, минут	30...45	60...120
4	Сброс кубового остатка	Два раза	Один раз
5	Водообмен выпарного аппарата при рабочем уровне в нём 0,6 м и	Имеет место	Имеет место

	расходах греющего пара на выпарной аппарат 4 м ³ /ч, на доупариватель 0,4 м ³ /ч		
6	Дренирование выпарного аппарата и доупаривателя после прекращения подачи пара	Имеет место	Имеет место

Кислотная промывка конденсатора-дегазатора

Как и для выпарного аппарата и доупаривателя, одной из основных характеристик конденсатора-дегазатора является его производительность, которая зависит от состояния теплообменной поверхности конденсатора. Вследствие образования внутри теплообменных труб карбонатных отложений, а также уменьшения сечения трубок из-за илистых отложений и речных моллюсков производится кислотная промывка конденсатора-дегазатора со стороны охлаждающей воды. Особенностью схемы кислотной промывки данного оборудования является то обстоятельство, что трубопроводы подачи на конденсатор-дегазатор технической воды и отвода ее выполнены из углеродистой стали. В целях исключения попадания раствора HNO_3 в систему технической воды в режимах нормальной эксплуатации на трубопроводах подачи реагентов к конденсатору-дегазатору смонтированы фланцы с установленной в них глушкой. А на трубопроводах техводы непосредственно перед конденсатором-дегазатором и после него смонтированы фланцевые разъемы для установки в них глушек на период проведения кислотной промывки данного оборудования.

Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала фильтра предочистки

Взрыхление фильтра производится:

- при выводе из работы фильтра согласно регламенту;
- перепаде давления на работающем фильтре более 1,0 кгс/см².

Взрыхляющая отмывка производится промывочной водой (дистиллятом) обратным током в течение одной минуты с расходом воды 6 м³/ч до прозрачности на выходе фильтра 80 %. Взрыхляющая отмывка фильтров очистки дистиллята (КФ и АФ) производится по аналогии с отмывкой фильтров предочистки. Время отмывки составляет 1 ч, прозрачность воды после КФ (АФ) должна быть не менее 95 %.

После окончания отмывки фильтры заполняются водой.

Регенерация и отмывка КФ

Регенерация КФ производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал, находящийся в солевой форме;
- C_{Na^+} после КФ более 0,1 мг/дм³;
- $C_{\text{NH}_4^+}$ после КФ более 0,5 мг/дм³.

Регенерация производится пропуском через фильтрующий материал 5%-го раствора HNO_3 в течение часа. По окончании регенерации фильтр промывается водой с расходом $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. После каждого часа отмывки производится анализ проб на pH , C_{Na^+} . Отмывка производится до получения следующих результатов: $pH - 4,5$, $C_{Na^+} - 0,1 \text{ мг/дм}^3$. По окончании отмывки КФ заполняется водой, а арматура обвязки закрывается.

Регенерация и отмывка АФ

Регенерация АФ производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал, находящийся в солевой форме;
- pH после АФ менее 6;
- C_{Cl^-} после АФ более $0,05 \text{ мг/дм}^3$.

Регенерация производится пропуском через фильтрующий материал 5%-го раствора $NaOH$ в течение часа. По окончании регенерации фильтр промывается водой с расходом $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. После каждого часа отмывки производится анализ проб на pH , C_{Na^+} , C_{Cl^-} и щелочность. Отмывка производится до получения следующих результатов:

- $pH \geq 8,2$;
- $C_{Na^+} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$;
- щелочность $\leq 100 \text{ мкг-экв/дм}^3$.

По окончании отмывки КФ заполняется водой, а арматура обвязки закрывается.

Промывка ЛЗМ

Промывка ЛЗМ производится при перепаде давления на ней более $0,3 \text{ кгс/см}^2$. Промывка осуществляется дистиллятом обратным током в течение 5 мин.

Все операции по работе с фильтрами осуществляются согласно режимной карте (табл. 5.8).

Таблица 5.8

Режимная карта работы фильтров системы СВО-3

Наименование и характеристика операций, производимых на фильтрах		Единицы измерения	Фильтры предочистки	МФ	КФ	АФ
Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала	Необходимость проведения взрыхляющей отмывки		1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,0 кгс/см ² . 3. В соответствии с регламентом (п. 2.4.8)	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,0 кгс/см ² . 3. Пр менее 90 %	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,0 кгс/см ² . 3. Перед регенерацией	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 0,8 кгс/см ² . 3. Перед регенерацией
	Технология проведения отмывки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч	6	4	6	6
	Показатель окончания отмывки		Пр более 80 %	Пр не менее 90 %, но не более по времени 1 ч	Пр не менее 95 %, но не более по времени 0,5 ч	Пр не менее 95 %, но не более по времени 0,5 ч
Регенерация фильтрующего материала	Показатель вывода фильтра на регенерацию		—	—	1. Загружен новый фильтрующий материал в солевой форме. 2. pH более 6. 3. Na ⁺ более 0,1 мг/дм ³ . 4. NH ₃ более 0,5 мг/дм ³	1. Загружен новый фильтрующий материал в солевой форме. 2. pH менее 6. 3. Cl ⁻ более 0,05 мг/дм ³
	Вид регенерационного раствора		—	—	5%-й раствор HNO ₃	5%-й раствор NaOH
	Расход регенерационного раствора	м ³ /ч	—	—	5	5

Наименование и характеристика операций, производимых на фильтрах		Единицы измерения	Фильтры предочистки	МФ	КФ	АФ
	Длительность пропуска раствора через фильтр	ч	—	—	1	1
Послерегенерационная отмывка фильтрующего материала	Технология проведения отмывки		—	—	Прямым током воды	Прямым током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч	—	—	10	10
	Показатели качества отмывки		—	—	1. pH не менее 4,5. 2. Na ⁺ не более 0,1 мг/дм ³ . 3. Кислотность менее 100 мкг-экв/дм ³	1. pH не более 8,2. 2. Na ⁺ не более 0,1 мг/дм ³ . 3. Cl ⁻ не более 0,05 мг/дм ³ . 4. Щелочность менее 100 мкг-экв/дм ³
Гидровыгрузка фильтрующего материала	Технология проведения гидровыгрузки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Периодичность гидровыгрузки		1 раз в год	1 раз в год	1 раз в 4 года	1 раз в 4 года
	Расход воды при гидровыгрузке	м ³ /ч	5	5	5	5
	Расход сжатого воздуха при гидровыгрузке	нм ³ /ч	10	10	10	10
	Продолжительность гидровыгрузки	ч	2	2	2	2
Загрузка фильтрующего материала	Материал		КУ-2-8	(ДАК)	КУ-2-8	АВ-17-8
	Объем загрузки	м ³	0,8	1,36	1,36	1,36
	Высота фильтрующего материала	м	1,0	1,7	1,7	1,7

5.5. Установка СВО - 4

Назначение и состав СВО-4

Система очистки вод бассейнов выдержки и перегрузки топлива и баков аварийного запаса борной кислоты предназначена для осветления и химической очистки вод бассейна выдержки и перегрузки топлива, баков аварийного запаса борного концентрата, дренажных вод с пола боксов, сливающих в баки системы аварийного охлаждения активной зоны реактора.

Необходимость очистки воды бассейнов выдержки обуславливается требованиями обеспечения достаточной прозрачности воды в бассейне при транспортно-технологических операциях. Прозрачность воды в бассейне должна составлять более 90 %.

Система СВО-4 состоит из двух ниток фильтров, в каждую из которых входят механический, катионитовый и анионитовый фильтры, фильтр-ловушка зернистых материалов, а также четыре бака слива вод бассейна перегрузки и выдержки.

Механический фильтр предназначен для очистки воды от мелко- и крупнодисперсных механических примесей. В качестве фильтрующего материала в механическом фильтре используется катионит КУ-2-8. Регенерация катионита осуществляется 5%-м раствором азотной кислоты.

Катионитовый фильтр предназначен для очистки вод от катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} . Катионитовый фильтр загружен катионом КУ-2-8 чс.

Регенерация катионитового фильтра осуществляется 5%-м раствором HNO_3 .

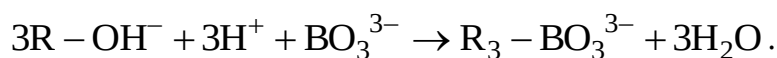
Анионитовый фильтр предназначен для очистки воды, в основном от ионов Cl^{-} . В качестве фильтрующего материала в анионитовом фильтре используется анионит ядерного класса АВ-17-8 чс.

При истощении ионообменной емкости фильтрующего материала производится его регенерация 5%-м раствором едкого калия. В целях проведения более «глубокой» регенерации на практике применяется трехступенчатая регенерация анионитового фильтра: предварительный пропуск послерегенерационного раствора катионитового фильтра, после чего пропуск раствора едкого калия.

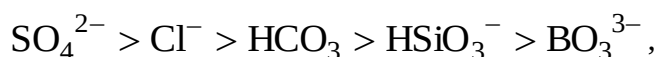
Данную регенерацию можно представить следующими реакциями:

1. $\text{R} - \text{Na}^{+} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{R} - \text{H}^{+} + \text{NaNO}_3;$
2. $\text{R} - \text{Cl}^{-} + \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{R} - \text{NO}_3^{-} + \text{NaCl};$
3. $\text{R} - \text{NO}_3^{-} + \text{KOH} \rightarrow \text{R} - \text{OH}^{-} + \text{KNO}_3.$

После включения в работу анионитового фильтра по очистке боросодержащей воды анионит автоматически переходит в BO_3^{3-} -форму:



Но так как поглощение ионов зависит от их электрохимической подвижности и происходит согласно ряду активности анионов



то при примерно равной концентрации ионов в растворе каждый предыдущий ион поглощается более активно, чем последующий, и вытесняет его с матрицы смолы. То есть очистка ведется до «проскока» ионов Cl^- за цепочкой СВО-4, а конкретно - до проскока после анионитового фильтра.

Ловушка зернистых материалов предназначена для предотвращения попадания ионообменной смолы в технологический цикл при разрушении нижней дренажной системы анионитового фильтра.

Порядок работы СВО-4

Система СВО-4 предусматривает следующие режимы работы:

- слив воды бассейнов перегрузки в баки;
- очистка вод бассейнов выдержки топлива;
- очистка вод баков аварийного запаса раствора борной кислоты реакторного отделения;
- очистка вод баков слива вод бассейна перегрузки;
- заполнение водой с баков бассейнов перегрузки и выдержки реакторного отделения.

Каждый из вышеперечисленных режимов работы системы СВО-4 предусматривает сборку конкретной схемы работы, то есть переключение соответствующей арматуры. Принципиальная технологическая схема работы СВО-4 представлена на рис. 5.16.

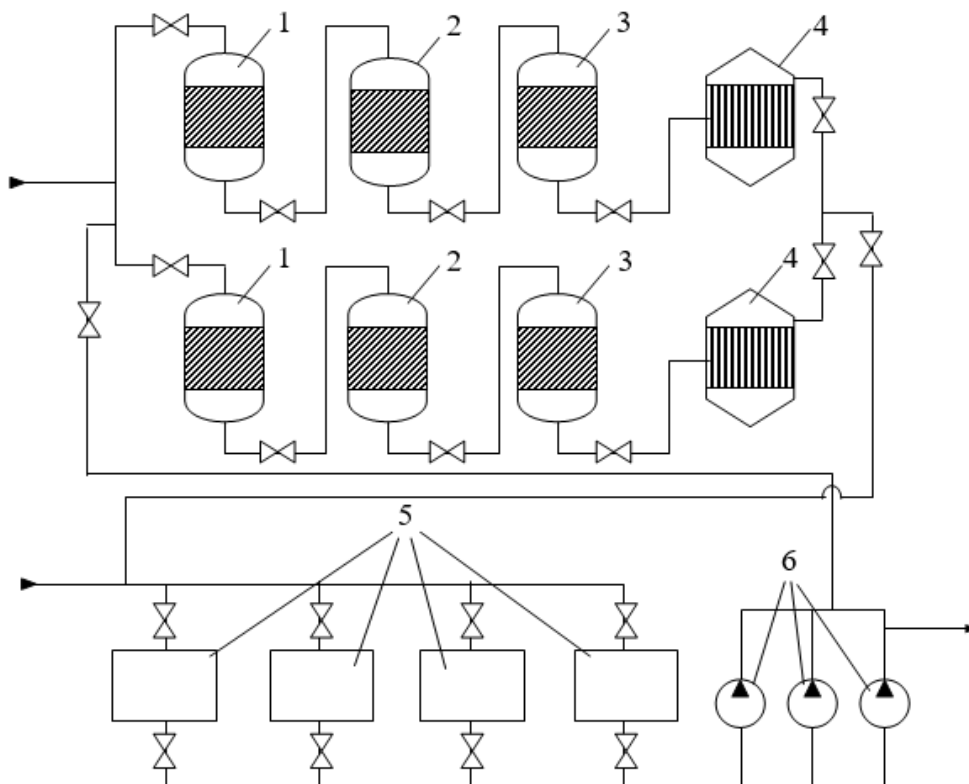


Рис. 5.16. Принципиальная технологическая схема СВО-4:
 1 – механический фильтр; 2 – катионитовый фильтр; 3 – анионитовый фильтр;
 4 – ловушка зернистых материалов; 5 – бак слива вод бассейна перегрузки;
 6 – насос бака слива вод бассейна перегрузки

В табл. 5.9 и 5.10 приведены объемы теплотехнического и водно-химического контроля систем СВО-4.

В период нормальной эксплуатации оперативный персонал СВО-4 осуществляет:

- контроль технологических параметров работы оборудования системы;
- контроль водного режима системы методом анализа отобранных проб;
- контроль состояния работающего оборудования путем проведения периодических осмотров, но не реже, чем через каждые два часа;
- заполнение суточных ведомостей с подсчетом количества очищенной воды за смену и за сутки;
- переход на резервное оборудование (нитку СВО-4, находящуюся в резерве) в случаях необходимого ремонта или проведения ППР.

Таблица 5.9

Объем теплотехнического контроля системы СВО-4

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Номинальное значение
1	Расход воды через нитку фильтров	м ³ /ч	40
2	Температура воды, поступающей на очистку	°С	<60
3	Перепад давления: – МФ – КФ – АФ – ЛЗМ	кгс/см ² кгс/см ² кгс/см ² кгс/см ²	0,8 1,5 1,2 0,3
4	Расход воды при опорожнении бассейна перегрузки в баки	м ³ /ч	90
5	Давление на всасе насосов	кгс/см ²	0,4
6	Давление на напоре насосов	кгс/см ²	5,0

Таблица 5.10

Объем водно-химического контроля системы СВО-4

№ п/п	Объем контроля	Единицы измерения	Норма	Периодичность
1	2	3	4	5
1	Исходная вода перед МФ: - прозрачность - железо	% мг/дм ³	Не норм. Менее 0,5	По распоряжению
2	Вода после МФ: - прозрачность	%	Не менее 95	Ежемесячно при работе установки
3	Вода после КФ: - рН - Na ⁺	Един. мг/дм ³	Не более 6,0 Не более 1,0	Ежемесячно при работе установки
4	Вода после АФ: - рН - Na ⁺ - Cl ⁻ - концентрация борной кислоты	Един. мг/дм ³ мг/дм ³ г/дм ³	Не менее 4,3 Не более 1,0 Не более 0,1 Не менее 16	Ежемесячно при работе установки
5	Вода баков: - концентрация борной кислоты - рН - Пр - Na ⁺ - Cl ⁻	г/дм ³ един. % мг/дм ³ мг/дм ³	Не менее 16 Не менее 4,3 Не менее 95 Не более 1,0 Не более 0,1	Ежемесячно при работе установки

Техническое обслуживание системы СВО-4

Останов и техническое обслуживание оборудования СВО-4 производится по окончании операций по заполнению (опорожнению) бассейнов перегрузки и выдержки РО, очистки вод баков аварийного запаса борной кислоты РО, бассейнов выдержки топлива или баков слива вод бассейна перегрузки, а также при обнаружении дефектов на оборудовании системы и необходимости его вывода в ремонт. Режимная карта операций, проводящихся на фильтрах СВО-4, приведена в табл. 5.11.

В период ППР на оборудовании системы СВО-4 проводятся следующие основные операции:

- взрыхляющая отмывка фильтрующего материала;
- регенерация и отмывка фильтров;
- промывка ЛЗМ;
- замена фильтрующего материала.

Взрыхление МФ производится при наличии одного из следующих условий:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал;
- перепад давления на МФ более $0,8 \text{ кгс/см}^2$;
- прозрачность воды после МФ менее 95 %.

Основанием для взрыхления катионитового и анионитового фильтров является наличие одного из следующих условий:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал;
- перепад давления на КФ более $1,5 \text{ кгс/см}^2$ (на АФ более $1,2 \text{ кгс/см}^2$).

Взрыхляющая отмывка фильтрующих материалов фильтров производится обратным током взрыхляющей водой до достижения прозрачности после фильтров – 95 %. По времени отмывка МФ производится не более 1,5 ч (КФ и АФ - не более 1 ч каждый).

Регенерация и отмывка МФ (КФ)

Регенерация и отмывка МФ производится при наличии одного из следующих условий:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал, находящийся в солевой форме;
- необходима регенерация КФ.

Регенерация КФ производится при наличии одного из следующих условий:

- рН после КФ более 6;
- C_{Na^+} после КФ более $1,0 \text{ мг/кг}$.

Регенерация МФ (КФ) производится пропуском 5%-го раствора HNO_3 в течение 1 ч. После пропуска HNO_3 через МФ (КФ) начинается отмывка фильтров. Отмывка производится по цепочке МФ-КФ-АФ. Через каждый час отмывки осуществляется анализ проб МФ (КФ) на pH , C_{Na^+} и кислотность. При необходимости проведения регенерации АФ по достижении кислотности после КФ 500 мкг/кг послерегенерационная отмывка прекращается. При отсутствии необходимости проведения регенерации АФ отмывка МФ (КФ) производится до получения после каждого фильтра следующих анализов: $\text{pH} \geq 4,5$; $\text{C}_{\text{Na}^+} < 1,0 \text{ мг/кг}$; кислотность $\leq 100 \text{ мкг-экв/кг}$.

Регенерация и отмывка АФ

Регенерация АФ производится при наличии одного из следующих условий:

- pH после АФ менее 3,8;
- C_{Cl^-} после АФ более 0,1 мг/кг.

Регенерация АФ производится в следующей последовательности:

1. Проводится взрыхляющая промывка фильтра.
2. Осуществляется пропуск 5%-го раствора HNO_3 последовательно через КФ, затем через АФ.
3. АФ промывается водой.
4. Осуществляется пропуск 5%-го раствора KOH в течение часа.
5. Осуществляется пропуск промывочной воды через АФ с расходом $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

После каждого часа отмывки осуществляется отбор проб на анализ после АФ на pH , Na^+ , Cl^- и щелочность.

При получении анализов:

- $\text{pH} = 8,2$;
- $\text{C}_{\text{Na}^+} < 1,0 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{C}_{\text{Cl}^-} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$;
- щелочности $\leq 100 \text{ мкг-экв/дм}^3$

отмывка прекращается.

После окончания отмывки фильтров нитка СВО-4 вводится в работу или выводится в резерв.

Таблица 5.11

Режимная карта фильтров СВО-4

Наименование и характеристика операций, производимых на фильтрах СВО-4		Единицы измерения	МФ	КФ	АФ
1	2	3	4	5	6
Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала	Необходимость проведения взрыхляющей отмывки		1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 0,8 кгс/см ² . 3. Пр менее 95 %. 4. Перед регенерацией МФ	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,5 кгс/см ² . 3. Перед регенерацией КФ	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,2 кгс/см ² . 3. Перед регенерацией КФ
	Технология проведения отмывки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч	15	6	6
	Показатель окончания отмывки		Пр. не менее 95 %, но не более по времени 1,5 ч	Пр. не менее 95 %, но не более по времени 1 ч	Пр. не менее 95 %, но не более по времени 1 ч
Регенерация фильтрующего материала	Показатель вывода фильтра на регенерацию		1. Загружен новый фильтрующий материал в солевой форме. 2. Одновременно с регенерацией КФ	1. рН не более 6 2. Na ⁺ более 1,0 мг/дм ³	1. рН не более 3,8. 2. Cl ⁻ более 0,1 мг/дм ³
	Вид регенерационного раствора		5%-й раствор HNO ₃	5%-й раствор HNO ₃	5%-й раствор HNO ₃ , после чего 5%-й раствор NaOH
	Расход регенерационного раствора	м ³ /ч	8	5	5
	Длительность пропуска раствора через фильтр	ч	1	1	1+1

1	2	3	4	5	6
Послерегенерационная отмывка фильтрующего материала	Технология проведения отмывки		Прямым током воды	Прямым током воды	Прямым током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч	11	10	10
	Показатели качества отмывки		1. рН не менее 4,5. 2. Na ⁺ менее 1,0 мг/дм ³ . 3. Кислотность не более 100 мкг-экв/дм ³	1. рН не менее 4,5. 2. Na ⁺ менее 1,0 мг/дм ³ . 3. Кислотность не более 100 мкг-экв/дм ³	1. рН не менее 8,2. 2. Na ⁺ менее 1,0 мг/дм ³ . 3. Cl ⁻ менее 0,1 мг/дм ³ . 4. Кислотность не более 100 мкг-экв/дм ³
Гидровыгрузка фильтрующего материала	Технология проведения гидровыгрузки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Периодичность гидровыгрузки		1 раз в год	1 раз в год	1 раз в год
	Расход воды при гидровыгрузке	м ³ /ч	8	5	5
	Расход сжатого воздуха при гидровыгрузке	нм ³ /ч	20	10	10
	Продолжительность гидровыгрузки	ч	2	2	2

Загрузка фильтрующе го материала	Материал		КУ-2-8 либо импортный аналог	КУ-2-8 либо импортный аналог	АВ-17-8 чс либо импортный аналог
	Объем загрузки	м ³	3,0	1,44	1,44
	Высота фильтрующего материала	м	1,5	1,8	1,8

5.6. Установка СВО - 5

Назначение, устройство и принцип работы СВО-5

Система СВО-5 предназначена для очистки продувочной воды парогенераторов.

Непрерывная и периодическая продувка парогенераторов осуществляется в целях поддержания водно-химического режима парогенератора в пределах норм. Постоянная продувка составляет 0,5 % расхода питательной воды. Такая схема позволяет удалить 10...15 % количества продуктов коррозии, находящихся во втором контуре.

В процессе очистки продувочной воды удаляются взвешенные примеси, представляющие собой в основном продукты коррозии конденсато-питательного тракта второго контура, а также концентрирующиеся катионы (кальция, магния, натрия, аммиака) и анионы (хлора, сульфатов, кремниевых кислот, карбонатов йода).

Радиоактивные вещества поступают в теплоноситель второго контура вследствие негерметичности парогенераторов и значительного перепада давления между первым и вторым контурами. Активность теплоносителя второго контура обусловлена в основном радионуклидами кобальта, цезия, церия, циркония, ниобия, йода, натрия.

Система СВО-5 состоит из двух основных и одной резервной ниток для двух блоков АЭС (но могут быть и другие варианты). Производительность одной нитки составляет примерно 50 м³/ч.

Каждая основная нитка состоит из механического, катионитового, анионитового фильтров, ловушки зернистых материалов, бака очищенной воды и насосов бака очищенной воды. Резервная нитка включает в себя механический, катионитовый, анионитовый фильтры и ловушку зернистых материалов.

Механический фильтр предназначен для очистки продувочной воды от мелко- и крупнозернистых механических примесей и обезжелезивания ее. В качестве сорбента в МФ используется КУ-2-8.

Катионитовый фильтр предназначен для очистки от катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cs^{2+} , а анионитовый фильтр – от анионов Cl^{-} , SiO_3^{2-} , SO_4^{2-} , I^{-} . В качестве сорбента в катионитовом фильтре используется катионит ядерного класса КУ-2-8 чс, в анионитовом – анионит ядерного класса АВ-17-8 чс.

Технологическая схема системы СВО-5 представлена на рис. 5.17.

Продувочная вода при выходе из парогенераторов поступает непосредственно в расширитель продувки, где происходит расширение пароводяной смеси и разделение ее на составляющие фазы – пар и воду. Затем вода, проходя через регенеративный теплообменник (в качестве охлаждающей воды в котором используется очищенная

продувочная вода парогенераторов), а также через доохладитель, к которому подводится техническая вода, охлаждается и подается на вход системы СВО-5. Очищенная на фильтрах установки вода поступает в бак очищенной воды, откуда насосами подается через регенеративный теплообменник в деаэратор или дренажный бак турбинного отделения.

В результате образования дефектов в теплообменных турбинах, сварных швах, неплотностей во фланцевых соединениях коллектора первого контура парогенераторов возможно увеличение радиоактивности в продувочной воде, поступающей на очистку в систему СВО-5. В этом случае действия персонала должны быть направлены на предотвращение загрязнения воды второго контура.

Поэтому при суммарной активности воды после нитки более 3×10^{-10} Ки/л рабочая нитка из работы выводится на регенерацию, а резервная вводится в работу.

Допускается производить очистку продувочной воды парогенераторов при суммарной ее активности не более $3,7 \times 10^{-10}$ Ки/л, при этом расход не должен превышать 30 м³/ч. Причем при суммарной активности 2×10^{-10} Ки/л должен производиться останов блока.

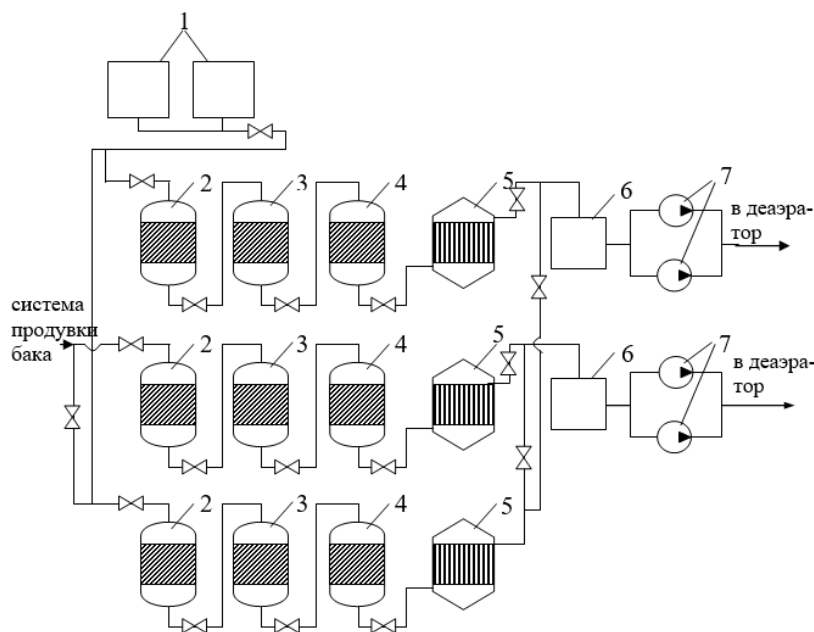


Рис. 5.17. Технологическая схема системы СВО-5:

- 1 – расширители продувки; 2 – механический фильтр; 3 – катионитовый фильтр;
- 4 – анионитовый фильтр; 5 – ловушка зернистых материалов; 6 – бак очищенной воды;
- 6 – насосы бака очищенной воды

Техническое обслуживание системы СВО-5

При обслуживании системы СВО-5 персонал контролирует основные параметры, описанные в табл. 5.12

Основные параметры системы СВО-5

№ п/п	Наименование параметра	Единицы измерения	Показатель
1	2	3	4
1	Расход воды через СВО-5	м ³ /ч	Не более 30
2	Температура продувочной воды перед фильтрацией	°С	Не более 50
3	рН механического фильтра	Ед.	6,5...8,5
4	Концентрация Na ⁺ после катионитового фильтра	мкг/кг	≤100
5	Концентрация Cl ⁻ после анионитового фильтра	мкг/кг	≤50
6	Электропроводность после нитки СВО-5	мкСм/см	≤0.1
7	Суммарная активность после нитки СВО-5 ($A_{\Sigma\gamma+\beta}$)	Ки/л	$< 1,5 \times 10^{-10}$
8	Перепад давления: – на фильтрах – на ловушке	кгс/см ² кгс/см ²	<1.5 <1

Техническое обслуживание системы СВО-5 включает следующие основные операции:

- гидрозагрузку и гидровыгрузку сорбента в фильтры;
- регенерацию фильтров;
- промывку фильтра-ловушки;
- проверку неплотностей в сварных, фланцевых соединениях с устранением неплотностей, подтяжкой крепежа;
- проверку состояния теплоизоляции;
- контроль наличия маркировки, подписей, условных обозначений, восстановление маркировки, подписей.

Рассмотрим последовательность регенерации фильтров.

Регенерация фильтров системы СВО-5 производится после вывода рабочей нитки в резерв. Регенерация каждой нитки осуществляется по блочному принципу, то есть при отклонении нормируемого показателя по одному фильтру производится регенерация всей нитки.

Регенерация осуществляется в следующей последовательности:

- взрыхление фильтров;
- пропуск регенерационных растворов через фильтры;
- отмывка фильтров;
- постановка фильтров в резерв.

Взрыхление МФ, КФ и АФ производится сжатым воздухом противотоком в течение 3...5 мин. Затем фильтры промываются чистым конденсатом противотоком в

течение 25...30 мин до окончания выноса мелких фракций сорбента через воздушников.

Регенерация МФ и КФ

Регенерация МФ и КФ производится пропуском 5%-го раствора HNO_3 в течение 1,5 ч, затем осуществляется отмывка до получения следующих результатов анализа: кислотность - не более 100 мкг-экв/кг, $\text{pH} = 4...4,5$.

Регенерация АФ

Регенерация АФ производится пропуском 5%-го раствора KOH в течение 1 ч, затем осуществляется отмывка до получения следующих результатов анализов: щелочность - не более 100 мкг-экв/кг, $\text{C}_{\text{Cl}^-} < 50$ мкг/л.

По окончании регенерации фильтров нитка СВО-5 вводится в работу или выводится в резерв.

5.7. Установка СВО-6

Система СВО-6 предназначена для переработки борсодержащей воды баков реакторных отделений в целях получения дистиллята и очищенного борного концентрата, возвращаемых в технологический цикл.

Система СВО-6 состоит из двух основных ниток и одной резервной в каждом спецкорпусе АЭС. В состав СВО-6 входят:

- 1) выпарная установка;
- 2) блок фильтров очистки дегазированной воды;
- 3) блок фильтров очистки «грязного» борного концентрата.

Выпарная установка включает в себя следующие компоненты:

- выпарной аппарат;
- конденсатор-дегазатор;
- дефлегматор сдувок;
- насосы дегазированной воды и «грязного» борного концентрата;
- систему обвязки и КИП.

Кроме основных компонентов, входящих в состав СВО-6, работу последней обеспечивают ряд вспомогательных систем и узлов (системы греющего пара, технической воды, реагентов, промывочной воды, газовых сдувок).

Система греющего пара предназначена для подачи греющего пара на выпарной аппарат в целях образования вторичного пара и на конденсатор-дегазатор для обеспечения дегазации.

Система конденсата греющего пара служит для отвода конденсата греющего пара после выпарного аппарата и конденсатора-дегазатора.

Система технической воды предназначена для подачи воды на конденсатор-дегазатор и дефлегматор сдувок для охлаждения вторичного пара, а также для охлаждения подшипников дегазированной воды.

Система реагентов предназначена для подачи растворов NaOH и HNO_3 в выпарной аппарат, HNO_3 в конденсатор-дегазатор в целях проведения химических промывок.

Система промывочной воды предназначена для промывки и заполнения чистым дистиллятом выпарного аппарата.

Система газовых сдувок служит для удаления из оборудования газов и их очистки.

Принцип работы системы СВО-6 представлен на рис. 5.18

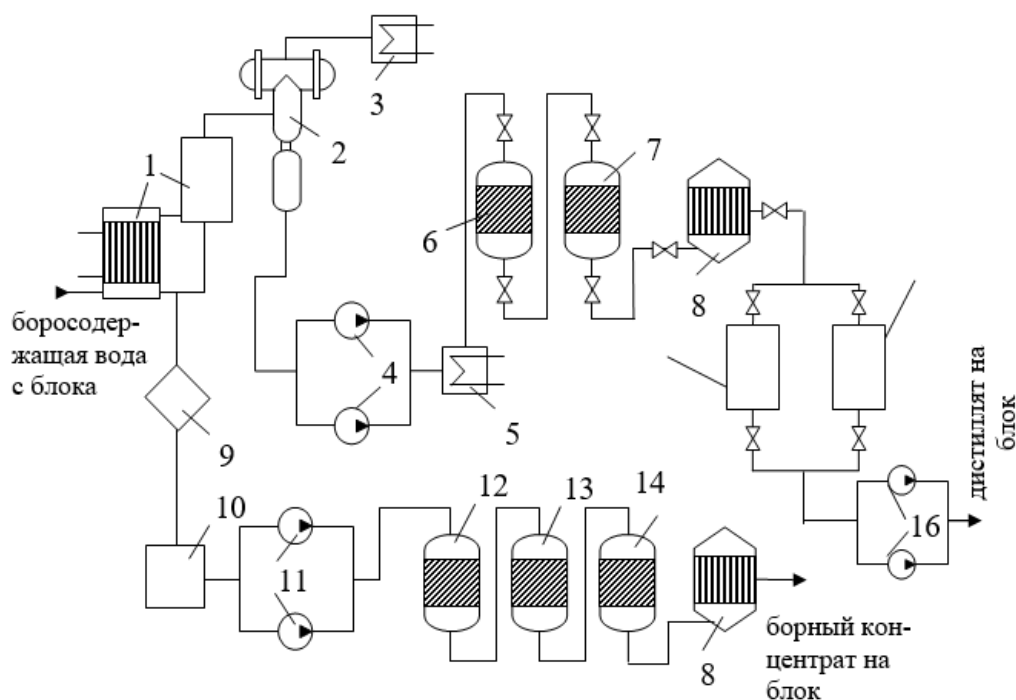


Рис. 5.18. Технологическая схема регенерации борной кислоты:

1 – выпарной аппарат; 2 – конденсатор-дегазатор; 3 – дефлегматор сдувок; 4 – насосы дегазированной воды; 5 – теплообменник охлаждения дистиллята; 6, 13 – катионитовый фильтр; 7, 14 – анионитовый фильтр; 11 – насосы «грязного» борного концентрата; 12 – механический фильтр; 8 – ЛЗМ; 9 – теплообменник; 10 – бак насоса «грязного» борного концентрата; 15 – контрольные баки дистиллята; 16 – насосы контрольных баков дистиллята

Боросодержащая вода баков реакторного отделения насосами подается на выпарной аппарат СВО-6. Благодаря образованию вторичного пара и отводу его на конденсатор-дегазатор, в выпарном аппарате происходит концентрирование раствора борной кислоты. Вторичный пар поступает в конденсатор-дегазатор. В конденсаторе-

дегазаторе происходит освобождение пара от растворимых газов. Затем пар проходит через конденсатор, где охлаждается и направляется на узел очистки, состоящий из ионообменных фильтров (катионитового и анионитового). После очистки дистиллят подается в один из баков дистиллята реакторного отделения. При неудовлетворительных анализах дистиллята предусматривается его повторная очистка на ионообменных фильтрах.

При достижении концентрации борной кислоты в выпарном аппарате 40 г/кг производится слив концентрата через теплообменник в бак, после чего данный «грязный» борный концентрат проходит очистку на механическом, катионитовом и анионитовом фильтрах.

Очищенный раствор подается в баки реакторных отделений, а при отсутствии необходимости пополнения этих баков, а также при неудовлетворительных анализах после фильтров, концентрат подается в баки слива вод бассейнов перегрузки и выдержки СВО-4.

Технология переработки борсодержащей воды на СВО-6

Принципиальная технологическая схема системы СВО-6 приведена на рис. 5.18.

Работа выпарной установки СВО-6 аналогична работе ВУ СВО-3. Узел доочистки дистиллята СВО-6 аналогичен такому узлу системы очистки трапных вод, за исключением отсутствия механических фильтров, что обусловлено изначальным отсутствием в борсодержащей воде масла и других органических веществ.

Узел очистки «грязного» борного концентрата включает (см. рис. 5.18):

- теплообменник;
- бак «грязного» борного концентрата;
- насосы бака «грязного» концентрата;
- механический фильтр;
- катионитовый фильтр;
- анионитовый фильтр;
- ловушку зернистых материалов.

Контролируемые технологические параметры, а также обслуживание оборудования системы СВО-6 аналогично обслуживанию систем СВО-3 и СВО-4.

5.8. Установка СВО-7

Система СВО-7 предназначена для очистки воды, принятой из спецпрачечной, а также вод душевых в случаях неудовлетворительных показателей анализов проб при радиационном контроле в целях повторного использования очищенной воды в технологическом цикле спецпрачечной.

Система СВО-7 состоит из двух ниток (одна рабочая, одна резервная).

В состав каждой нитки входит следующее оборудование:

- фильтр предочистки;
- приемный бак;
- насос приемного бака;
- выпарной аппарат;
- конденсатор-дегазатор;
- монжюс кубового остатка;
- насос дегазированной воды;
- механический фильтр (два);
- теплообменник охлаждения дистиллята;
- катионитовый фильтр;
- анионитовый фильтр;
- ловушка зернистых материалов;
- контрольный бак;
- насосы контрольного бака.

Характеристики, устройство и принцип работы оборудования системы СВО-7 аналогичны системе СВО-3.

Работа системы СВО-7 включает следующие режимы:

- прием в бак вод спецпрачечных и душевых;
- разогрев выпарной установки;
- очистка вод спецпрачечной и душевых на выпарной установке и узле доочистки дистиллята. Технологическая схема СВО-7 приведена на рис. 5.19.

Вода, поступающая из спецпрачечной «грязной» зоны баков и баков дозиметрического контроля, характеризуется наличием поверхностно-активных веществ, мыла, сульфанола, соды, щелочи, кислоты, перманганата калия. Удельная активность этих растворов может достигать 10^{-4} Ки/л и более.

Вода спецпрачечной поступает на фильтры предочистки, где производится очистка от механических примесей и масла, а затем поступает в приемный бак.

Вода душевых из баков дозиметрического контроля при неудовлетворительном значении суммарной активности (более 3×10^{-10} Ки/л) напрямую подается в приемный бак.

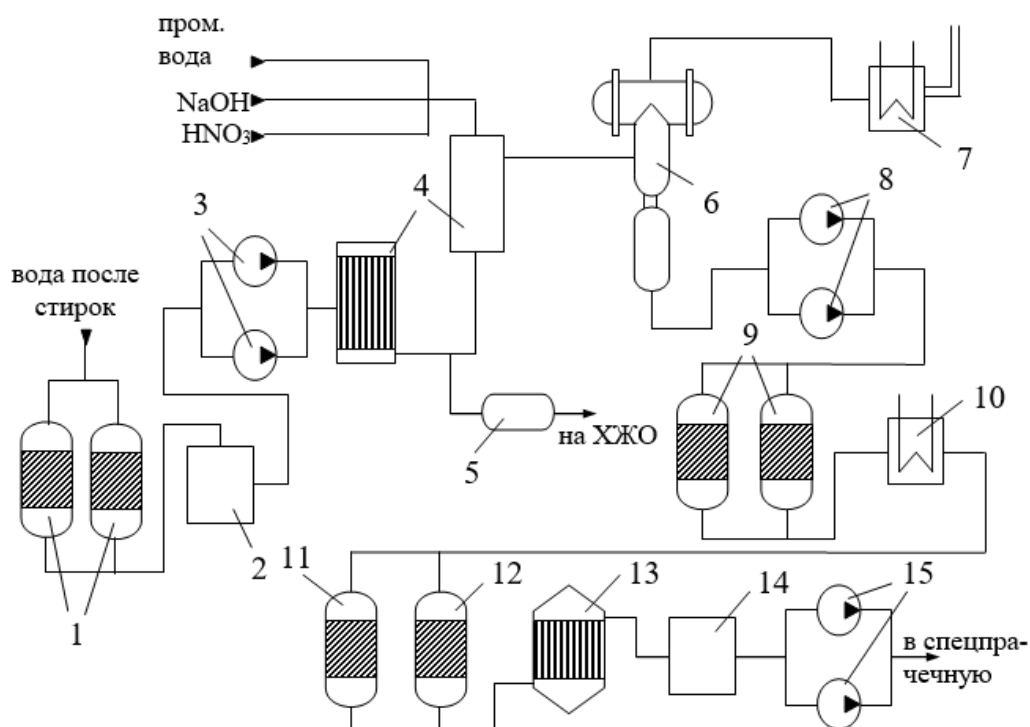


Рис. 5.19. Принципиальная технологическая схема СВО-7:

- 1 – фильтр предочистки; 2 – приемный бак; 3 – насос приемного бака; 4 – выпарной аппарат; 5 – монжюс; 6 – конденсатор-дегазатор; 7 – дефлегматор сдувок; 8 – насос дегазированной воды; 9 – механический фильтр; 10 – теплообменник охлаждения дистиллята; 11 – катионитовый фильтр; 12 – анионитовый фильтр; 13 – ЛЗМ; 14 – контрольный бак; 15 – насос контрольного бака

Техническое обслуживание системы СВО-7

В период нормальной эксплуатации оборудования оперативный персонал СВО осуществляет:

- контроль теплотехнических параметров работы оборудования (табл. 5.13);
- контроль водно-химического режима системы методом анализа отобранных проб (табл. 5.14);
- контроль состояния работающего оборудования и трубопроводов путем проведения периодических осмотров, но не реже, чем через каждые два часа;
- вывод в ремонт и вывод из ремонта отдельных узлов и оборудования.

Таблица 5.13

Объем теплотехнического контроля

Наименование параметра	Единица измерения	Номинальное значение
1. Расход воды от спецпрачечной	м ³ /ч	6
2. Перепад давления на фильтре предочистки	кгс/см ²	1,0
3. Давление на всасе насоса приемного бака	кгс/см ²	0,3
4. Давление на напоре насоса приемного бака	кгс/см ²	3,2
5. Расход исходной воды на ВА	м ³ /ч	6...7
6. Уровень раствора в ВА	см	95
7. Температура раствора в ВА	°C	100
8. Перепад давления на сепарационных тарелках ВА	кгс/см ²	0,1
9. Давление вторичного пара после ВА	кгс/см ²	0,2

Наименование параметра	Единица измерения	Номинальное значение
10. Температура вторичного пара после ВА	$^{\circ}\text{C}$	105
11. Нижний уровень кубового остатка в монжюсе	см	5
12. Верхний уровень кубового остатка в монжюсе	см	65
13. Давление в монжюсе	$\text{кгс}/\text{см}^2$	6,0
14. Уровень дистиллята в КД	см	45
15. Давление в КД	$\text{кгс}/\text{см}^2$	0,2
16. Температура дистиллята после КД	$^{\circ}\text{C}$	104
17. Электропроводность дистиллята после КД	$\text{мкСм}/\text{см}$	1,5
18. Расход дистиллята на фильтры доочистки	$\text{м}^3/\text{ч}$	5,5
19. Перепад давления на МФ	$\text{кгс}/\text{см}^2$	1,0
20. Температура дистиллята перед КФ	$^{\circ}\text{C}$	40
21. Перепад давления на КФ	$\text{кгс}/\text{см}^2$	1,0
22. Перепад давления на АФ	$\text{кгс}/\text{см}^2$	0,8
23. Перепад давления на ЛЗМ	$\text{кгс}/\text{см}^2$	0,3
24. Электропроводность воды после ЛЗМ	$\text{мкСм}/\text{см}$	менее или равно 0,5
25. pH воды после ЛЗМ	ед.	менее или равно 6
26. Уровень воды в КБ	см	50...370

Таблица 5.14

Объем водно-химического контроля системы СВО-7

Объем контроля	Единица измерения	Норма	Периодичность
1	2	3	4
1. Дегазированный конденсат перед МФ – pH – аммиак – натрий – Пр	ед. $\text{мг}/\text{дм}^3$ $\text{мг}/\text{дм}^3$ %	не норм. не норм. не норм. не норм.	по распоряжению после ввода в работу
2. Вода после МФ – pH – Пр – Na^+ – Cl^- – NH_3 (при работе СВО-7/2 по переработке трапных вод)	ед. % $\text{мг}/\text{дм}^3$ $\text{мг}/\text{дм}^3$ $\text{мг}/\text{дм}^3$	не норм. более или равно 90 не норм. не норм. не норм.	по распоряжению
3. Вода после КФ – pH – Na^+ – Жо – NH_3 (при работе СВО-7/2 по переработке трапных вод)	ед. $\text{мг}/\text{дм}^3$ $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$ $\text{мг}/\text{дм}^3$	менее, равно 6 менее, равно 0,1 менее, равно 0,005 менее, равно 0,5	по распоряжению после ввода в работу
4. Вода после АФ – pH – Na^+ – Cl^-	ед. $\text{мг}/\text{дм}^3$ $\text{мг}/\text{дм}^3$	более, равно 6 менее, равно 0,1 менее, равно 0,05	по распоряжению после ввода в работу
5. Вода КБ для подачи на спецпрачечную: – pH – Пр – $\Sigma\text{Ауд}$	ед. % Ки/л	более, равно 5,7 более, равно 90 менее 3×10^{-10}	по распоряжению после заполнения бака
6. Вода КБ для подачи в душевую: – pH	ед. %	5,7...10,0 более, равно 95	по распоряжению

Объем контроля	Единица измерения	Норма	Периодичность
– Пр – H_3BO_3 – Na^+ – NH_3 – Cl^- – нефтепродукты – железо – Жо – $\Sigma\text{Ауд}$	- г/дм³ - мг/дм³ - мг/дм³ - мг/дм³ - мг/дм³ - мг/дм³ - мг-экв/дм³ - Ки/л	- менее 0,06 - менее, равно 0,1 - менее, равно 0,5 - менее, равно 0,05 - менее, равно 0,1 - менее, равно 0,02 - менее, равно 0,005 - менее 3×10^{-10}	после заполнения бака
7. Кубовый остаток ВА – сухой остаток – борная кислота (при работе СВО-7 по переработке трапных вод)	г/дм ³ г/дм ³	более, равно 200 (для подачи на ХЖО) не норм.	по распоряжению
8. ПАВ в исходной воде спецпрачечной	мг/дм ³	менее, равно 500	по распоряжению

После вывода нитки СВО-7 в резерв производится химическая промывка выпарной установки, взрыхляющая отмывка фильтров и регенерация катионитового и анионитового фильтров.

Химическая промывка выпарной установки производится по той же технологии, что и ВУ системы СВО-3.

Взрыхляющая отмывка фильтров предочистки

Взрыхление происходит промывочной водой противотоком с расходом 5 м³/ч. Отмывка производится до достижения прозрачности взрыхляющей воды после фильтра не менее 80 %. По времени отмывка производится не более двух часов.

Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала механического фильтра

Взрыхление МФ производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал;
- перепад давления на МФ более 1,0 кгс/см².

Взрыхление производится промывочной водой противотоком с расходом 3 м³/ч. По достижении прозрачности воды после МФ 90 % отмывка прекращается. По времени отмывка производится не более 1 ч.

Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала катионитового (анионитового) фильтра

Взрыхляющая отмывка КФ (АФ) производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал;
- Перепад давления на КФ более 1,0 кгс/см² (на АФ - более 0,8 кгс/см²);

Взрыхление производится промывочной водой противотоком с расходом 5 м³/ч. По достижении прозрачности воды после КФ (АФ) 95 % отмывка прекращается. Продолжительность отмывки не более 1 ч.

Регенерация и отмывка КФ

Регенерация КФ производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал, находящийся в солевой форме;
- концентрация Na^+ после КФ более 1 мг/кг;
- рН после КФ более 6,0.

Регенерация КФ осуществляется пропуском через КФ 5%-го раствора азотной кислоты в течение 1 ч. Затем производится отмывка КФ пропуском промывочной воды с расходом 10 м³/ч. После каждого часа отмывки осуществляется анализ проб после фильтра на рН, Na^+ и кислотность. Отмывка прекращается при получении следующих анализов: $\text{pH} \geq 4,5$; $C_{\text{Na}^+} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$; кислотность $\leq 100 \text{ мг-экв/дм}^3$.

По окончании промывки КФ заполняется водой, а арматура обвязки закрывается.

Регенерация и отмывка АФ

Регенерация АФ производится при наличии одного из следующих факторов:

- в фильтр загружен новый фильтрующий материал, находящийся в солевой форме;
- рН после АФ менее 6,0;
- концентрация Cl^- после АФ более 0,05 мг/кг.

Регенерация АФ осуществляется пропуском через АФ 5%-го раствора NaOH в течение 1 ч. После прекращения пропуска NaOH начинается отмывка АФ пропуском промывочной воды с расходом 10 м³/ч. После каждого часа отмывки осуществляется анализ проб на рН, Na^+ , Cl^- и щелочность. Отмывка прекращается при получении следующих анализов: $\text{pH} \leq 3,2$; $C_{\text{Na}^+} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$; $C_{\text{Cl}^-} < 0,05 \text{ мг/дм}^3$; щелочность - не более 100 мкг-экв/дм³. По окончании отмывки АФ заполняется водой, а арматура обвязки закрывается.

Промывка ЛЗМ

Промывка ЛЗМ производится при перепаде давления на ней более 0,3 кгс/см². Промывка производится промывочной водой противотоком в течение 5 мин. Все операции с фильтрами сведены в табл. 5.15. После окончания операций нитка СВО-7 вводится в работу или выводится в резерв.

Таблица 5.15

Режимная карта работы фильтров системы СВО-7

Наименование и характеристика операций, производимых на фильтрах		Един. измер.	Фильтры предочистки	МФ	КФ	АФ
Взрыхляющая отмывка фильтрующего материала.	Необходимость проведения взрыхляющей отмывки.		1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,0 кгс/см ²	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. p более 1,0 кгс/см ² 3. Пр. менее 90 %	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. P более 1,0 кгс/см ² 3. Перед регенерацией.	1. Загружен новый фильтрующий материал. 2. P более 0,8 кгс/см ² 3. Перед регенерацией.
	Технология проведения отмывки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч	6	4	6	6
	Показатель окончания отмывки		Пр. более, равна 80 %, но не более по времени 2 ч	Пр. более, равна 90 %, но не более по времени 1 ч	Пр. более, равна 90 %, но не более по времени 0,5 ч	Пр. более, равна 90 %, но не более по времени 0,5 ч
Регенерация фильтрующего материала	Показатель вывода на регенерацию				1. Загружен новый фильтрующий материал в солевой форме. 2. pH более 6. 3. Na ⁺ более 0,1 мг/дм ³	1. Загружен новый фильтрующий материал в солевой форме. 2. pH менее 6. 3. Cl ⁻ более 0,05 мг/дм ³
	Вид регенерационного раствора				5%-й раствор HNO ₃	5%-й раствор NaOH
	Расход регенерационного раствора	м ³ /ч			5	5
	Длительность пропуска	ч			1	1

Наименование и характеристика операций, производимых на фильтрах		Един. измер.	Фильтры предочистки	МФ	КФ	АФ
	раствора через фильтр				2 (для нового фильтрующего материала)	2 (для нового фильтрующего материала)
Послерегенерационная отмывка фильтрующего материала	Технология проведения отмывки				Прямым током воды	Прямым током воды
	Расход воды на отмывку	м ³ /ч			10	10
	Показатели качества отмывки				1. pH более, равно 4,5. 2. Na ⁺ менее 0,1 мг/дм ³ . 3. Кислотность менее, равна 100 мкг-экв/дм ³	1. pH менее, равно 8,2. 2. Na ⁺ менее 0,1 мг/дм ³ . 3. Cl ⁻ менее 0,05 мг/дм ³ . 4. Щелочность менее, равна 100 мкг-экв/дм ³
Гидровыгрузка фильтрующего материала	Технология проведения гидровыгрузки		Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды	Обратным током воды
	Периодичность гидровыгрузки		1 раз в год	1 раз в год	1 раз в 4 года	1 раз в 4 года
	Расход воды при гидровыгрузке	м ³ /ч	5	5	5	5
	Расход сжатого воздуха при гидровыгрузке	нм ³ /ч	10	10	10	10
	Производительность гидровыгрузки	ч	2	2	2	2
Загрузка фильтрующего материала	Материал		Сульфоуголь	БАУ (ДАК)	КУ-2-8, либо импортный аналог	АВ-17-8, либо импортный аналог
	Объем загрузки	м ³	1,44	1,36	1,36	1,36
	Высота фильтрующего материала	м	1,8	1,7	1,7	1,7

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ампелогова Н.И., Симановский Ю.М., Трапезников А.А. Дезактивация в ядерной энергетике. – М.: Энергоиздат, 1982.
2. Руководящий документ «Требования к входному и эксплуатационному контролю ионообменных смол для АЭС с реактором типа ВВЭР» РД ЭО1.1.2.25.0161 – 2009 – М.: Концерн «Росэнергоатом», 2009.
3. Сборник докладов Международного научно-технического совещания «Водно-химический режим АЭС». – М.: Концерн «Росэнергоатом», 2012.
4. Тевлин С.А. атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
5. Афронов А.М. и др. ВВЭР-1000. Физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность. – М.: Логос, 2006.
6. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. – М.: Энергоатомиздат, 2002.
7. Герасимов В.В. Коррозия реакторных материалов. – М.: Атомиздат, 1980.
8. Стандарт организации СТО 1.1.1.02.005.0004 – 2012 «Водно-химический режим контура энергоблоков атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000. Нормы качества теплоносителя и средств обеспечения» - М.: концерн «Росэнергоатом», 2012.
9. Стандарт организации СТО 1.1.1.07.003.0818 – 2010 «Ведение водно-химического режима второго контура на АЭС с ВВЭР-1000, включающего все применяемые режимы (гидразинно-аммиачный, этаноламиновый, морфолиновый). Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения» - М.: концерн «Росэнергоатом», 2010.
10. Б.М. Рошкетев «Водно-химический режим АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и РБМК -1000» - М.: «МИФИ», 2010.
11. Акимов А.М., Федорова С.А., Котельникова С.А. Оборудование и материалы ядерных энергетических установок. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2017.
12. Крицкий В.Г. и др. Формирование и удаление отложений в первом контуре АЭС с ВВЭР. - СПб.: Издательство Береста, 2011.
13. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электростанции / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Т. Тишин. – М.: МЭИ, 2000. – 407 с.
14. Иванов В.Н. Доклад «Внедрение этаноламинового ВХР на Балаковской АЭС». – М.: Федеральное агентство по атомной энергии ФГУП «Росэнергоатом», 2009.

15. Котов, Ю.В. Оборудование атомных электростанций / Ю.В. Котов, В.В. Кротов, Г.А. Филиппов. – М.: Машиностроение, 1982. – 376 с.
16. Ядерная технология / В.П. Шведов [и др.]. – М.: Атомиздат 1979. – 336 с.
17. Химическая технология теплоносителей ядерных энергетических установок / В.М. Седов [и др.]. – М: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.
18. Доллежалъ, Н.А. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК-1000 / Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я.. – М.: Атомиздат, 1980. – 208 с.
19. Крутиков, П.Г. Устройство и оборудование атомных электрических станций: учебное пособие ЛТИ им. Ленсовета / Крутиков П.Г., Седов В.М. , Овсянников А.И.. – Л., 1981. – 78 с.
20. Романов, Г.Н. Ликвидация последствий радиационных аварий. Справочное руководство / Романов Г.Н. – М.: Изд. Ат., 1993. – 336 с.
21. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1991.
22. Кишневский В.А. Современные методы обработки воды в энергетике: Учебное пособие для вузов. Одесса: ОГНУ, 1999.
23. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергоблоков низкого и среднего давлений: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
24. Мещерский Н.А. Эксплуатация водоподготовительных установок электростанций высокого давления. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
25. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др.; Под ред. А.С. Седлова. - М.: Издательство МЭИ, 2001.
26. Общая химия: Учебное пособие для студентов вузов/Под ред. Н.В. Коровина, Б.И. Адамсона. - М.: Издательство МЭИ, 2001.
27. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС: Учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1998.
28. Водоподготовительное оборудование для ТЭС и промышленной энергетики: Отраслевой каталог. - М.: НИИЭинформэнергомаш, 1998.
29. Мартынова О.И., Никитин А.В., Очков В.Ф. Водоподготовка: Расчеты на персональном компьютере. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
30. Андрюшин И.А., Чернышев А.К., Юдин Ю.А. Укрощение ядра: Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР/ Гл. ред. Р.И. Ильяев. - Саров-Саранск: Тип. «Красн. Окт.», 2003.