

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра химической технологии твердого топлива и экологии

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
УСТАНОВКИ ВОДОПОДГОТОВКИ С УМЯГЧЕНИЕМ
ВОДЫ Na-КАТИОНИРОВАНИЕМ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Методические указания к самостоятельной работе
по курсу «Водоподготовка» для студентов
специальности 100700 «Промышленная теплоэнергетика»

Составители Г.В. Ушаков
А.Г. Ушаков

Утверждены на заседании
кафедры

Протокол № от _____ 2011 г.

Рекомендованы к печати
методической комиссией
специальности 250400

Протокол от № от 15.12.2009 г.

Электронная копия находится
в библиотеке главного корпуса
КузГТУ

Кемерово 2012

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа предназначена для ознакомления студентов с теоретическими положениями и методами расчетов установок подготовки воды для котельных и тепловых электростанций.

Растворенные в воде вещества вызывают те или иные неполадки в работе энергетического оборудования. В основном это связано с образованием в тепловых агрегатах накипных отложений и коррозии. Основной причиной отложений накипи является наличие в подпиточной и сетевой воде растворимых соединений кальция и магния – бикарбонатов, сульфатов и хлоридов, являющихся накипеобразователями. Эти соединения не удаляются из воды на стадиях ее предварительной обработки методами коагуляции, осветления и фильтрации. Для удаления растворимых соединений кальция и магния воду после осветления и фильтрации подвергают умягчению методами ионного обмена.

Студенты, пользуясь результатами предыдущих работ по расчету процессов коагуляции, фильтрации, умягчения и декарбонизации воды составляют технологическую схему водоподготовительной установки, в которой изображают основное в вспомогательное оборудование, его технологическую обвязку, составляют спецификацию оборудования, таблицу расходов воды на собственные нужды и определяют стоимость подготовки воды в руб/1000 м³.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

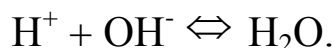
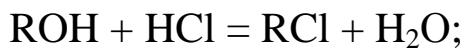
Обработка воды методами ионного обмена основана на пропуске исходной или частично обработанной воды через фильтрующий слой ионообменного материала, практически нерастворимого в воде, но способного взаимодействовать с содержащимися в обрабатываемой воде ионами. Материалы, обладающие свойством обменивать катионы, называются катионитами, а материалы, обладающие свойством обменивать анионы, – анионитами. Чтобы получить нужную ионную форму ионита, проводят регенерацию.

Катиониты при регенерации их растворами NaCl, H₂SO₄, NH₄Cl образуют соответственно натриевую, водородную или

аммонийную формы, которые условно можно обозначить следующим образом: NaR, HR, NH₄R.

При пропуске обрабатываемой воды, содержащей катионы Ca²⁺ и Mg²⁺, через отрегенированный катионит протекают реакции обмена ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ на ионы Na⁺, H⁺ или NH₄⁺, содержащиеся в катионите; этот процесс называется катионированием.

Аниониты, отрегенированные щелочью (NaOH и др.), образуют гидроксильную форму, условно обозначенную ROH. Если через отрегенированный анионит пропускать раствор кислоты, например HCl, произойдет реакция обмена анионов (анионирование) и осуществится взаимная нейтрализация ионов H⁺ (кислоты) и ионов OH⁻, вытесненных анионами из анионита.



По своей химической природе все катиониты являются кислотами, все аниониты – основаниями. В зависимости от состава функционально активных групп различают типы ионитов по кислотности (или основности), катиониты подразделяют на сильно-, средне- и слабокислотные, соответственно аниониты на сильно-, средне- и слабоосновные. По своим технологическим свойствам они имеют существенные различия (табл. 1).

3. ОСНОВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЕГО ВЫБОР И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОБВЯЗКА

3.1. Узел коагуляции

Осветление воды с применением коагулянтами производится в настоящее время в осветлителях. Основное назначение осветлителя в любой схеме состоит в удалении из воды образующейся твердой фазы.

На рис. 1 представлена схема одного из типов осветлителей ЦНИИМПС, разработанных доктором техн. наук Е.Ф. Кургаевым. Обрабатываемая вода подается в воздухоотделитель 1, в ко-

тором должно произойти достаточно полное выделение и удаление из воды растворенных газов. Эта операция весьма ответственна и важна для получения известковой воды удовлетворительного качества.

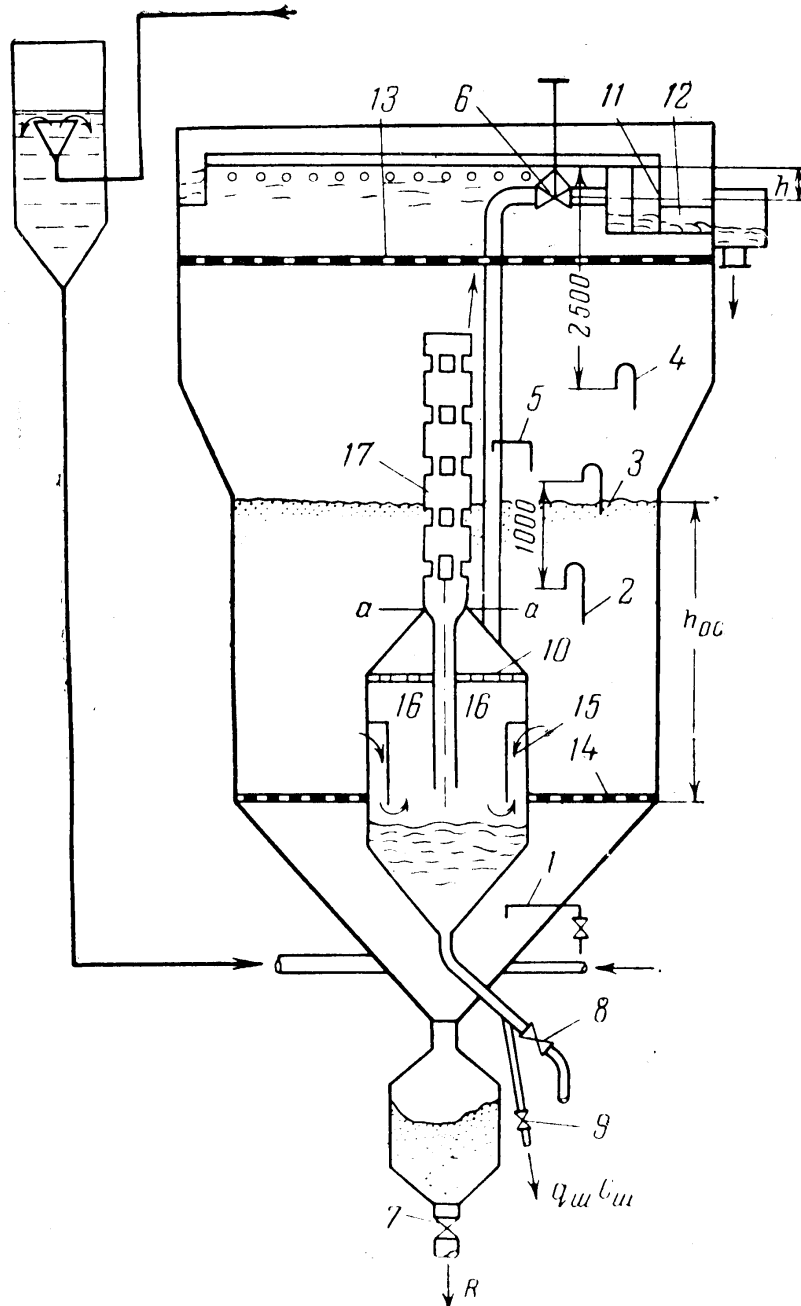


Рис. 1. Схема осветлителя ЦНИИМПС

Из воздухоотделителя вода поступает тангенциально в нижнюю часть осветлителя, где и смешивается с реагентами; далее, поднимаясь вверх, она проходит слой взвешенного осадка высо-

той h_{oc} , который способствует осветлению воды. Пройдя дроссельную решетку 13 и водосборные устройства, обработанная и осветленная вода покидает осветлитель.

Осветлители имеют две важные особенности, существенно влияющие на их работу и обслуживание: подвод обрабатываемой воды снизу и принудительный отвод выпадающего в осветлителе осадка через встроенный в него шламоуплотнитель. Подвод обрабатываемой воды в нижнюю часть осветлителя интенсифицирует процессы осветления и шламовыделения, но одновременно препятствует удалению осадка через задвижку 7 (рис. 1), так как при ее открытии из осветлителя начинает удаляться главным образом поступающая в него вода. Устройство грязевика не меняет дела, поскольку в него при работе осветлителя попадает лишь небольшая часть шлама, подлежащая удалению. Ввиду этого вывод из осветлителя шлама может быть эффективно осуществлен только через шламоуплотнитель.

Наилучшим режимом работы осветлителя следует считать тот, при котором т. е. весь осадок, образующийся в нем, удаляется только через шламоуплотнитель. Как показывает опыт, такой режим далеко не всегда достижим и часть шлама приходится удалять через грязевики осветлителя. Однако во всех случаях следует стремиться к тому, чтобы эта часть была минимальной. Для этого необходимо установить такой размер отвода осадка из слоя взвешенного шлама (контактной среды) в шламоуплотнитель, который необходим, чтобы вывести из осветлителя количество осадка, которое в него поступает.

Объем шламонакопителя составляет порядка 20% от часовой производительности осветлителя (в осветлителях ЦНИИМПС). Допускается, чтобы половина этого объема была занята шламом, концентрация которого составляет 10 – 15 г/кг.

Для глубокого удаления из воды грубодисперсных частиц, хлопьев коагулянта и скоагулированных коллоидных частиц применяется фильтрование, т. е. пропуск воды через слой зернистого или пористого материала, загруженного в осветлительные фильтры. При фильтровании воды твердые частицы задерживаются на поверхности или в толще фильтрующего материала. В результате фильтрования происходит осветление воды. При от-

сутствии предварительной коагуляции в осветлителях вода, содержащая грубодисперсную взвесь, образует фильтрующую пленку на поверхности фильтрующего материала. Если же применяется предварительная коагуляция в осветлителе, в котором задерживается основная масса взвеси, а на фильтры поступает вода, содержащая мельчайшие взвешенные частицы, фильтрование идет не на поверхности, а в толще фильтрующего слоя. При таком процессе полнее используется вся толща зернистой загрузки фильтра и обеспечивается высокая степень осветления.

3.2. Узел доочистки воды от механических примесей на механических фильтрах

Интенсивность работы осветлительных фильтров характеризуется скоростью фильтрования, выраженной в $м/ч$ и численно равной часовой производительности $1 м^2$ сечения фильтра ($м^3/(м^2 \cdot ч)$)

Фильтрование воды происходит за счет разности давлений над h' и под h'' фильтрующим слоем: $\Delta h = h' - h''$. Величина Δh называется (перепадом давлений или потерей напора в фильтре. Ее принято выражать в кило-ньютонках на квадратный метр ($кН/м^2$)).

Потеря напора в фильтрующем слое или сопротивление этого слоя тем больше, чем больше скорость фильтрования, высота фильтрующего слоя и степень засорения последнего загрязнениями, удаляемыми из воды, и чем меньше размеры зерен фильтрующего материала и температура фильтруемой воды. Процесс осветления воды фильтрованием сопровождается увеличением гидравлического сопротивления фильтра вследствие накопления в нем задержанной взвеси и уменьшения свободного объема пор между зернами фильтрующего материала.

Потеря напора при этом повышается от некоторой наименьшей величины, соответствующей чистому слою и равной $4 кН/м^2$ ($\sim 0,4 м вод.ст.$), до максимально допустимой, составляющей $30 кН/м^2$ ($\sim 3 м вод.ст.$) для безнапорных и $100 кН/м^2$ ($\sim 10 м вод. ст.$) для напорных осветлительных фильтров. По мере увеличения сопротивления фильтра уменьшаются скорость фильтрования и производительность фильтра. Поэтому для обеспече-

ния необходимой производительности фильтра приходится периодически увеличивать перепад давлений в нем путем увеличения степени открытия задвижки на трубопроводе подвода воды к фильтру. При достижении максимально допустимого загрязнения, характеризуемого достижением максимально допустимой потери напора, фильтр выключают из работы на взрыхляющую промывку, которая состоит в пропуске через него осветленной воды снизу вверх.

Период работы фильтра от начала одной промывки до начала следующей называют фильтроциклом. Продолжительность фильтроцикла ($T + t$) складывается из полезной работы фильтра между промывками T и продолжительности выключения фильтра на промывку t . Величина ($T + t$) зависит от удельной грязеемкости фильтра (т. е. от количества килограммов загрязнений, задержанных фильтром за цикл, отнесенного к 1 м^2 фильтрующей загрузки), основных размеров фильтра (площади фильтрования и высоты фильтрующей загрузки), концентрации взвешенных веществ в фильтруемой воде и часовой производительности фильтра.

Наиболее широкое применение на предприятиях тепловой энергетики получили вертикальные напорные однопоточные фильтры, которые выпускаются с диаметром до 3400 мм, определяемым габаритами транспортабельности, с предельной производительностью до $90 \text{ м}^3/\text{ч}$. На рис. 2 показана конструкция однопоточного вертикального осветлительного фильтра, загруженного фильтрующим материалом 7. Корпус такого фильтра представляет собой стальной цилиндр со штампованными сферическими днищами, рассчитанный на давление 6 кгс/см^2 . В верхнюю часть фильтра введены труба 1 с воронкой 8 для подвода и распределения по площади фильтра фильтруемой воды и трубка 9 для отвода воздуха. В цилиндрической части корпуса имеются люки 10 и 11 для осмотра и ремонта фильтра и для выгрузки фильтрующего материала. Нижнее днище заполнено бетоном 4 для создания горизонтальной плоскости, на которой располагается дренажное устройство 5, предназначенное для равномерного распределения воды по площади фильтра, отвода 2 осветленной воды из-под фильтрующего слоя и предотвращения выноса из фильтра вместе с осветленной водой зерен фильтрующего материала. Над

дренажным устройством установлено аналогичное распределительное устройство *б* для сжатого воздуха.

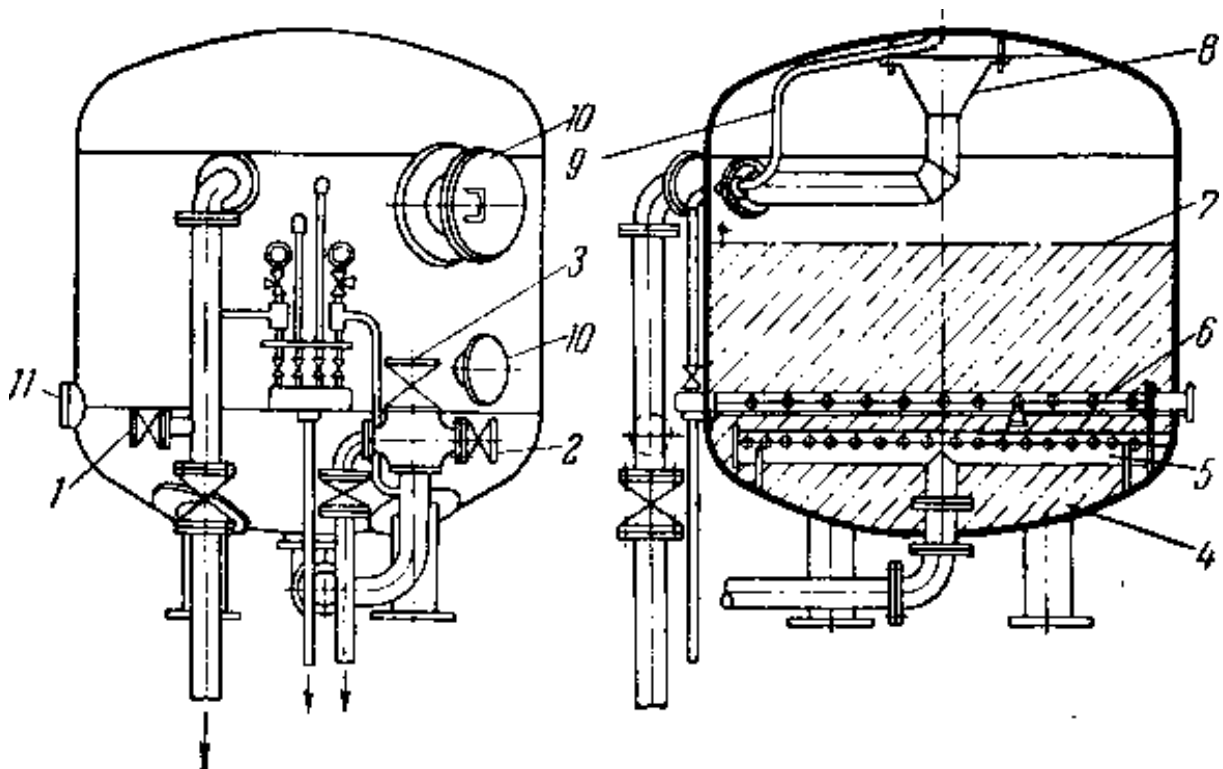


Рис. 2. Напорный осветлительный фильтр

Весьма важным элементом осветлительного фильтра является дренажное устройство. Наиболее широкое распространение получили колпачковые дренажные устройства, в которых на ниппели стальных распределительных труб навинчиваются щелевые дренажные колпачки, имеющие различные конструкции. На рис.3 показан фарфоровый дренажный колпачок, который достаточно стоек против истирания крупным песком при промывке фильтра.

В последнее время все более широкое распространение приобретает бесколпачковое трубчато-щелевое дренажное устройство, которое является наиболее простым и прочным и представляет собой коллектор с боковыми распределительными трубками из винипласта, полиэтилена или нержавеющей стали с прорезанными в них вертикально или наклонно щелями шириной 0,5 мм.

Во избежание нежелательного уноса в дренаж фильтрующего материала при взрыхляющей промывке фильтра на сливной

линии устанавливают специальные ограничители взрыхления (регуляторы скорости промывки), которые выполняются или в виде вращающейся в трубе заслонки, степень открытия которой регулируется поплавком, или в виде дроссельной шайбы.

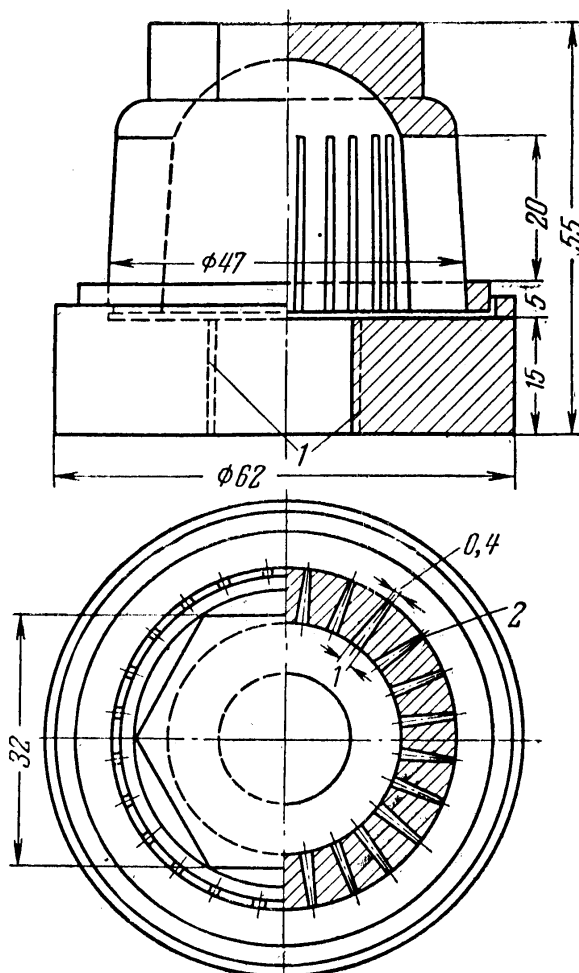


Рис. 3. Дренажный щелевой фарфоровый колпачок.

Работа осветлительного фильтра состоит из трех периодов:

- полезной работы фильтра по осветлению воды;
- взрыхляющей промывки фильтра;
- спуска первого фильтрата в дренаж.

Эксплуатация фильтра в межпромывочный период состоит в наблюдении за прозрачностью воды после пропуска ее через фильтр, производительностью фильтра и изменением его гидравлического сопротивления (величиной потери напора). Для этого на линиях осветляемой и осветленной воды установлены пробо-

отборные краны и манометры, а на линиях промывочной и осветленной воды – расходомеры.

При снижении прозрачности осветленной воды, а также при достижении максимально допустимой потери напора фильтр выводится из работы на промывку. Промывка фильтра заключается в пропуске через него осветленной воды снизу вверх. Для этого сначала фильтр выключают из работы, а затем подают воду из промывочного бака. Интенсивный поток промывочной воды, поднимаясь, разрыхляет и взвешивает весь фильтрующий слой, расширяющийся при этом на 40–50%, что дает возможность зернам загруженного фильтрующего материала свободно двигаться в потоке воды и при столкновениях счищать прилипшие к ним частицы шлама и слизи. Схема обвязки осветлительного фильтра, позволяющая осуществлять его взрыхление и промывку фильтра приведена на рис. 4.

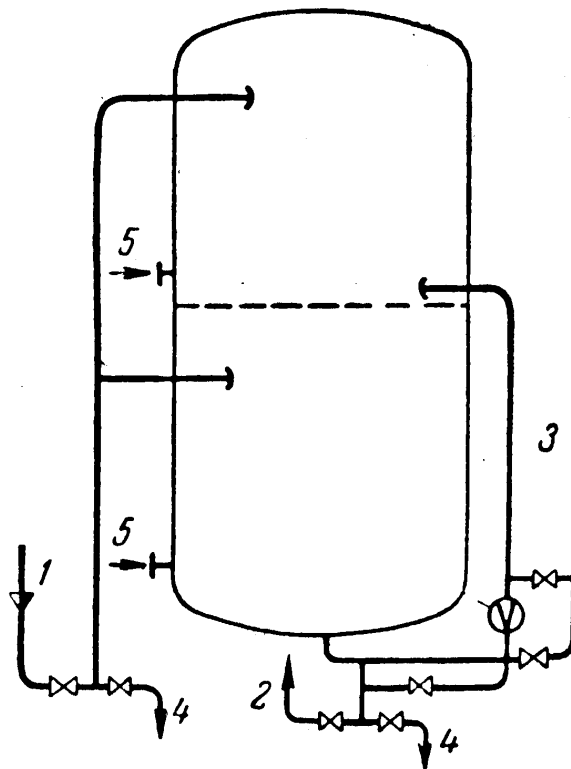


Рис. 4 Схема обвязки осветлительного фильтра.

1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – выход осветленной воды; 3 – подвод промывочной воды; 4 – дренаж; 5 – подвод сжатого воздуха.

Контроль за интенсивностью промывки осуществляется по расходу промывочной воды, измеряемому расходомером. Продолжительность промывки составляет 6 мин. По окончании взрыхляющей промывки спускают первый, мутный, фильтрат в канализацию со скоростью 5 м/ч в течение 5–10 мин, после чего включают фильтр в нормальную работу. Во время работы фильтра постепенно заполняют осветленной водой промывочный бак. Продолжительность остановки фильтра на промывку и спуск первого фильтрата со всеми переключениями задвижек составляет около 20 мин.

На рис. 5 представлена схема узла осветления воды на механическом фильтре, включающая механический фильтр, бак промывочной воды, насос и запорную арматуру.

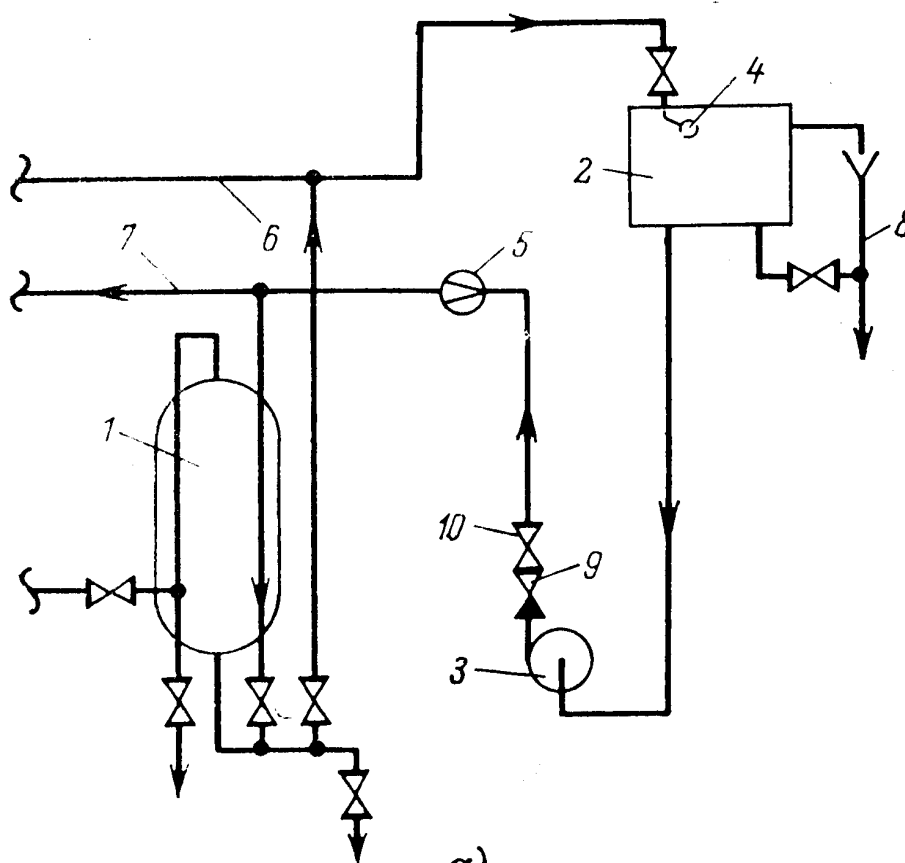


Рис. 5. Схемы взрыхляющей промывки осветлительного фильтра 1 – фильтр; 2 – бак промывочной воды; 3 – промывочная вода; 4 – автоматический запорный клапан; 5 – расходомер; 6 – осветленная вода; 7 – промывочная вода; 8 – перелив в дренаж; 9 – обратный клапан; 10 – задвижка.

3.3. Узел ионообменного умягчения воды

Основными элементами ионитных установок являются ионитные фильтры, аналогичные по устройству осветлительным фильтрам.

Ионитные фильтры по принципу действия подразделяются на три типа:

- а) катионитные;
- б) анионитные;
- в) смешанного действия.

По способу выполнения технологических операций ионитные фильтры делятся на:

а) параллельноточные, в которых обрабатываемая вода и регенерационный раствор пропускаются через фильтрующий слой в одном направлении;

б) противоточные, в которых вода и регенерационный раствор пропускаются через фильтрующий слой в противоположных направлениях.

Кроме того, различают фильтры первой, второй и третьей степени.

Ионитные фильтры могут быть оформлены как Накатионитные, Н-катионитные и анионитные. Последние два вида фильтров, работающие в кислой среде, должны иметь противокоррозионные защитные покрытия внутренней поверхности корпуса и фронтального трубопровода, а распределительные устройства их и арматура изготавливаются из нержавеющей стали. Защитные покрытия осуществляются перхлорвиниловыми лаками или эпоксидной смолой, или путем гуммирования.

На рис. 6 изображен параллельноточный катионитный фильтр, эксплуатация которого сводится к последовательному проведению следующих операций: взрыхление, регенерация, отмывка и умягчение. Задачей эксплуатации ионитных фильтров является правильное проведение указанных операций, обеспечивающее максимальную рабочую обменную емкость фильтров, при заданном качестве химически обработанной воды.

Схема обвязки ионитового фильтра, позволяющая проводить названные операции, приведена на рис. 7.

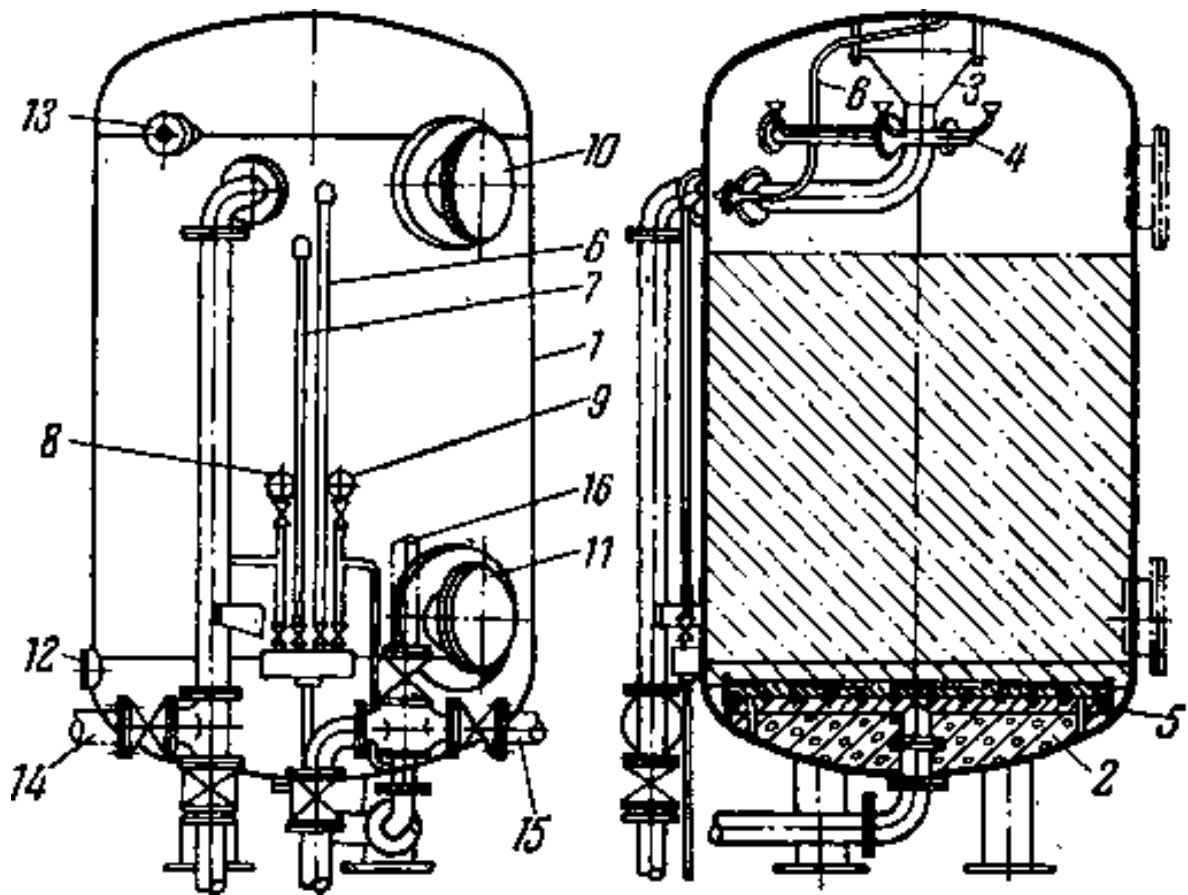


Рис. 6. Параллельноточный катионитный фильтр

1 – цилиндрический корпус; 2 – бетонная подушка; 3 – воронка для подвода умягчаемой и отвода промывочной воды; 4 – устройство для распределения регенерационного раствора; 5 – дренажное устройство; 6 – воздухоотводная трубка; 8 и 9 – манометры; 10 и 11 – люки; 12 – штуцер для гидрперегрузки катионита; 13 – под вод регенерационного раствора; 14 – подвод умягчаемой воды; 15 – отвод умягченной воды.

Операция взрыхляющей промывки имеет целью устранить уплотнение слежавшейся массы ионита и тем самым обеспечить более свободный доступ регенерационного раствора к зернам ионита. Кроме того, при этом осуществляется удаление из фильтра накапливающихся в слое ионита мелких частиц, вносимых недостаточно осветленной умягчаемой водой и раствором реагентов, а также образующихся вследствие постепенного разрушения ионита в процессе эксплуатации фильтра.

Взрыхление ионита производят отмывочной водой, собранной при предыдущей регенерации фильтров. Вода для взрыхления подается самотеком из бака, расположенного выше фильтра, или с помощью специального насоса из бака, расположенного внизу. Интенсивность взрыхления, обеспечивающая приведение во взвешенное состояние всей массы ионитового материала, зависит от вида ионита и его зернения. Поэтому для каждого ионита в процессе эксплуатации устанавливают оптимальную интенсивность взрыхления. Для органических ионитов интенсивность взрыхления колеблется в пределах $2,8 - 3 \text{ л}/(\text{сек} \cdot \text{м}^2)$.

По окончании операции взрыхления пропускают в ионитный фильтр регенерационный раствор, который проходит сверху вниз сквозь слой ионита.

Поваренная соль, применяемая для регенерации, не должна содержать солей кальция и магния в пересчете на Ca^{2+} в количестве больше 0,4%. В процессе хранения поваренная соль должна оберегаться от загрязнения посторонними материалами. При содержании в поваренной соли кальциевых и магниевых примесей в количествах больше 0,4% необходимо считаться с неизбежным снижением производительности фильтров за счет снижения рабочей емкости катионита.

Режим регенерации истощенного катионита может тогда считаться оптимальным, когда при минимальных расходах регенерирующего вещества обеспечивается глубокое умягчение воды при достаточно высокой рабочей емкости катионита. Обычно при регенерации Na-катионитного фильтра через него пропускают 5–10 %-ный раствор соли со скоростью 3–4 м/ч. При этом оптимальный расход соли принимают в 3,5 раза больше теоретически потребного количества ее.

По окончании регенерации катионита производят отмывку катионита от регенерирующего вещества и продуктов регенерации, оставшихся в жидкости, заполняющей поры между зернами катионита. Отмывку обычно производят прозрачной коагулированной либо артезианской водой.

Отмывку катионита заканчивают, когда общая жесткость отмывочной воды не превышает 50 *мкг-экв/л*, а концентрация хлоридов превышает содержание их в умягчаемой воде не более чем на 30–50 *мг/л*.

Схема обвязки катионитового фильтра, позволяющая проводить его взрыхление, регенерацию и отмывку приведена на рис. 7.

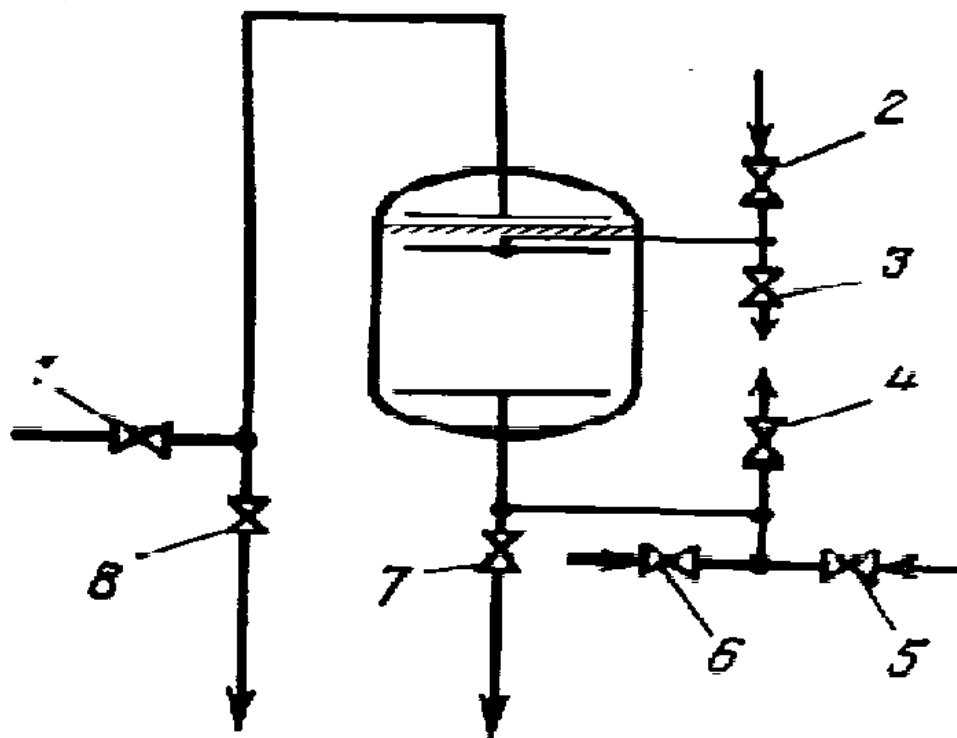


Рис. 6. Схема обвязки катионитового фильтра
 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – подвод воды для взрыхления верхнего слоя; 3 – отвод регенерационного раствора; 4 – выход фильтрата; 5 – подвод отмывочной воды; 6 – подвод регенерационного раствора; 7 – спуск в дренаж; 8 – спуск воды при взрыхлении

После окончания отмывки фильтр включается в работу по умягчению воды. В случае применения крупнозернистых органических катионитовых материалов (сульфоуголь, фенольная смола) скорость фильтрования воды через катионит может колебаться в широких пределах без ухудшения качества умягченной воды. Однако для *полноты использования рабочей емкости катионита целесообразно придерживаться линейной скорости фильтрования умягчаемой воды в пределах 15–20 м/ч. Временное увеличение скорости фильтрования допускается до 25–40 м/ч.*

Остаточная жесткость катионированной воды, а так же рабочая емкость поглощения катионитов зависят от величины общего солесодержания умягчаемой воды и удельного расхода регенерационного раствора.

В условиях эксплуатации контроль за работой катионитных фильтров производится путем периодического отбора проб воды до и после умягчения и анализа их на щелочность, общую жесткость и хлориды. Задача контроля заключается в том, чтобы не допустить ухудшения качества умягченной воды против заданных норм и предотвратить проскок катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} путем своевременного вывода фильтра на регенерацию.

Кроме фильтров, являющихся основным оборудованием ионитных установок, в состав последних входит еще вспомогательное оборудование для обслуживания работы фильтров. К числу такого оборудования относится *реагентное хозяйство* для обеспечения регенерации ионитных фильтров.

На крупных Na-катионитных установках, как обычно, применяют «мокрое хранение» соли, которое выполняется по разным схемам. На рис. 8 приведена схема мокрого хранения соли с подачей раствора соли насосами. На рис. 9 приведена схема мокрого хранения соли с подачей раствора ее водяными эжекторами.

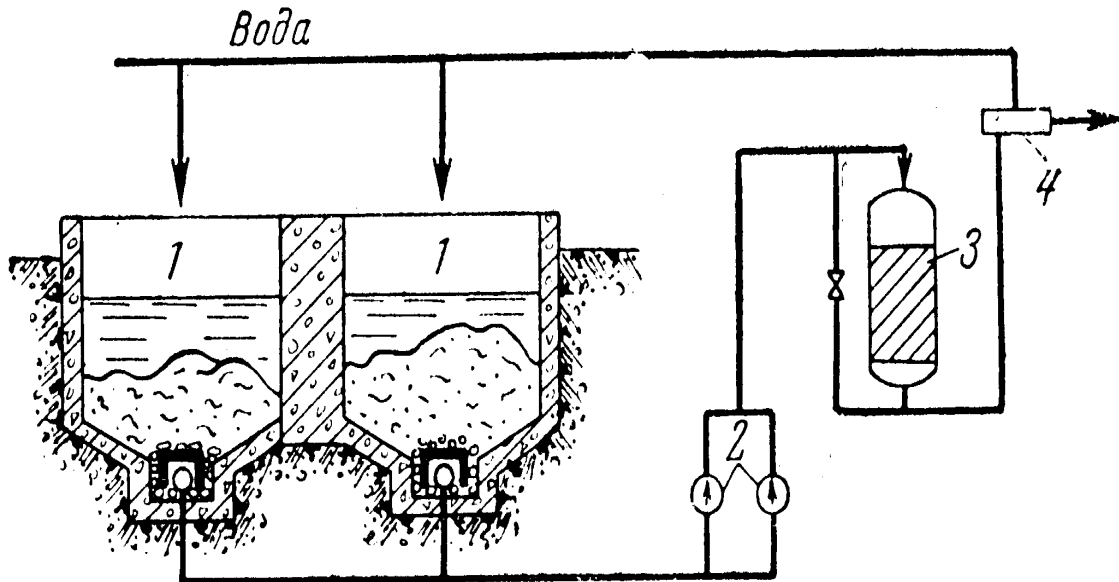


Рис. 8. Схема мокрого хранения соли с подачей раствора центробежными насосами.

1 — баки-хранилища; 2 — насосы; 3 — осветлительный фильтр; 4 — смеситель.

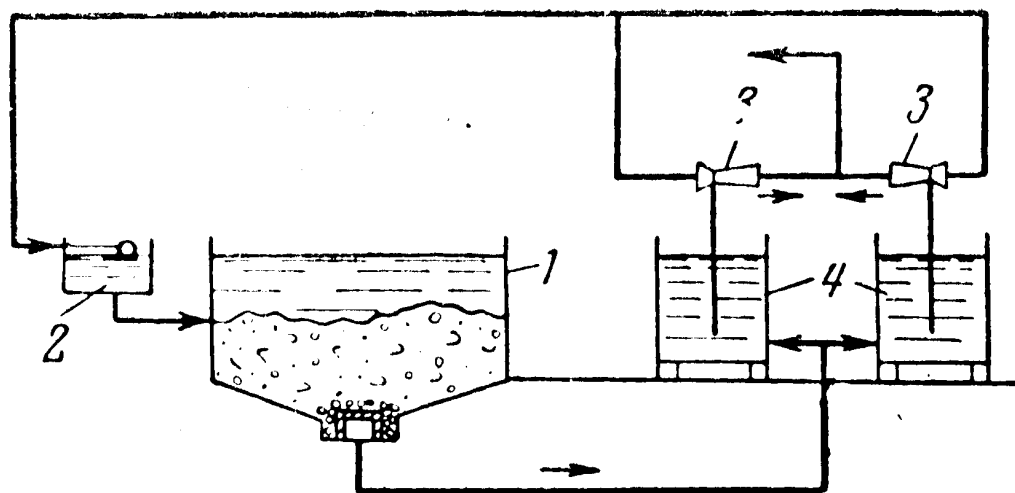


Рис. 9. Схема мокрого хранения соли с подачей раствора водяными эжекторами.

1 – бак-хранилище; 2 – регулятор уровня; 3 – эжекторы;
4 – расходные баки насыщенного раствора соли.

В приведенных схемах соль в количестве, рассчитанном на 2–3-месячную потребность (150–250 т) саморазгружающимся автотранспортом или непосредственно из вагонов, загружается в железобетонные баки-хранилища (ячейки) и заливается водой. Таким образом, в баках всегда имеется в большом количестве насыщенный раствор соли.

По первой схеме (рис. 8) он забирается насосами 2 непосредственно из дренажной системы бака, осветляется в фильтре 3, разбавляется в смесителе 4 до необходимой концентрации и подается в регенерируемый фильтр.

По второй схеме (рис. 9) насыщенный раствор самотеком поступает в мерные расходные баки 4, из которых он забирается водяными эжекторами 3, разбавляется в них до необходимой концентрации и подается в регенерируемый фильтр.

На рис.10 приведена схема метода хранения соли на открытой бетонной площадке 2 с размывом ее в небольшие «дежурные» подземные ячейки 4. Для крупных водоподготовительных установок, расположенных в районах с суровым климатом, склад для «мокрого хранения» соли рассчитывается на все ее количество, расходуемое в зимний период, с подогревом соли паром 5. Заготовка соли производится в теплое время года.

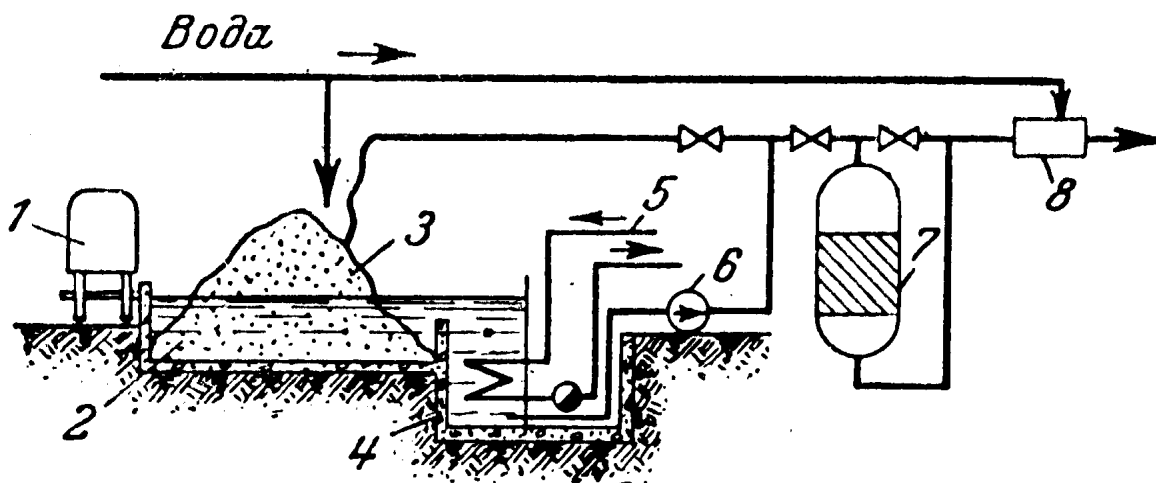


Рис. 10. Открытый склад для мокрого хранения соли с подогревом раствора в зимнее время.

3.4. Узел декарбонизации

Для удаления свободной углекислоты из химически обработанной воды на водоподготовительных установках отечественных электростанций наиболее широко распространен пленочный декарбонизатор с деревянной хордовой насадкой. Он представляет собой деревянную башню со щитами, которые состоят из досок, укладываемых плашмя в шахматном порядке с зазорами между ними (рис. 11).

На основании исследований, проведенных на промышленных декарбонизаторах с деревянной хордовой насадкой и модели, установлено, что:

а) удельный расход воздуха, обеспечивающий достаточно глубокое удаление свободной углекислоты, составляет в среднем $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

б) оптимальная плотность орошения деревянной хордовой насадки составляет $40\text{--}45 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

в) скорость движения воздуха, отнесенная ко всей площади поперечного сечения декарбонизатора, $w \geq 0,08\text{--}0,09 \text{ м/сек}$ не оказывает влияния на величину общего коэффициента десорбции; при $w < 0,08\text{--}0,09 \text{ м/сек}$ общий коэффициент десорбции резко уменьшается. Поэтому скорость движения воздуха через декарбонизатор следует принимать в пределах $w = 0,085\text{--}0,1 \text{ м/сек}$,

считая по незаполненному насадкой сечению аппарата. При правильном выборе величины поверхности контакта дегазируемой воды с воздухом и поддержании указанного выше расхода воздуха декарбонизатор пленочного типа способен обеспечить остаточное содержание свободной углекислоты в воде при температуре до 30°C в количестве 3–7 мг/л.

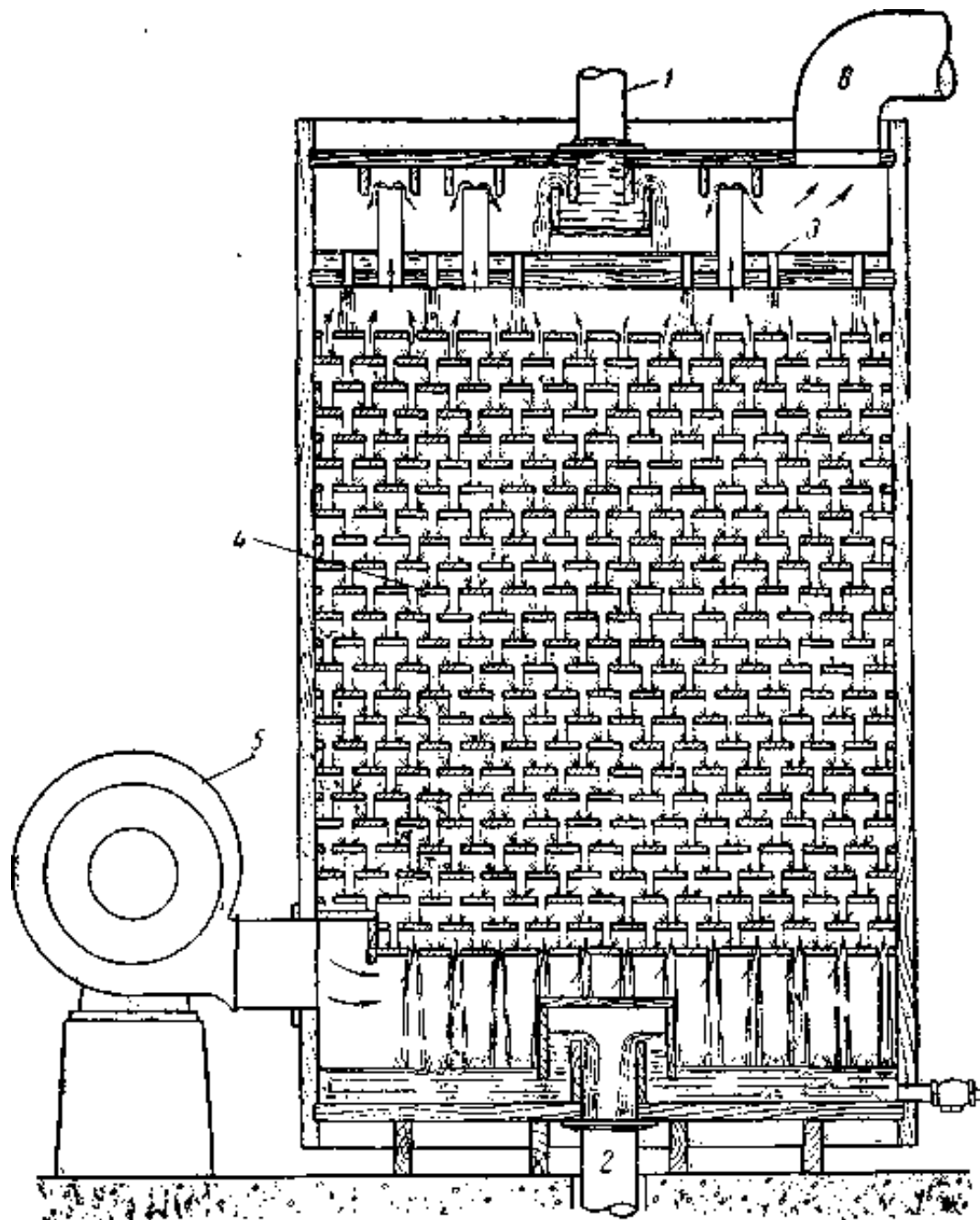


Рис. 11. Декарбонизатор пленочного типа с деревянной насадкой. 1 – подвод воды; 2 – выход воды; 3 – распределительные сопла; 4 – деревянная насадка; 5 – вентилятор; 6 – выход воздуха.

К недостаткам декарбонизатора с деревянной хордовой насадкой относятся:

а) сравнительно малая удельная поверхность (поверхность единицы объема) деревянной насадки, требующая увеличенной высоты декарбонизатора;

б) недолговечность деревянного корпуса насадки декарбонизатора, подверженных делигнификации и гниению;

в) трудность герметизации корпуса декарбонизатора.

Этих недостатков лишен декарбонизатор, заполненный керамическими кольцами Рашига (25x25x3 мм), корпус которого выполнен из металла (рис.12) . Обрабатываемая вода подается в верхнюю часть его и стекает через загрузку из колец Рашига; навстречу ей вентилятором, подается воздух. Разработано шесть типоразмеров таких декарбонизаторов диаметром от 1,0 до 3,4 м производительностью от 50 до 550 м³/ч.

Для защиты декарбонизаторов от коррозии и предотвращения загрязнения воды продуктами коррозии металла внутренняя поверхность аппарата покрывается перхлорвиниловым лаком, эпоксидной смолой, резиной или другими противокоррозионными веществами. На верхней крышке аппарата установлен брызгоуловитель для предотвращения чрезмерного уноса влаги воздухом и обледенения воздухопровода за пределами здания. Для предотвращения утечек воздуха сливной штуцер внизу декарбонизатора снабжен гидравлическим затвором. Для загрузки и выгрузки колец Рашига предусмотрены два лаза.

При использовании в качестве насадки колец Рашига удается сэкономить площадь и высоту декарбонизатора, а также уменьшить расход воздуха с одновременным получением более глубокого эффекта декарбонизации. За счет уменьшения высоты декарбонизатора и снижения необходимого удельного расхода воздуха (15 м³/м³ против 20 м³/м³ для декарбонизаторов с деревянной насадкой) уменьшаются эксплуатационные расходы на декарбонизацию.

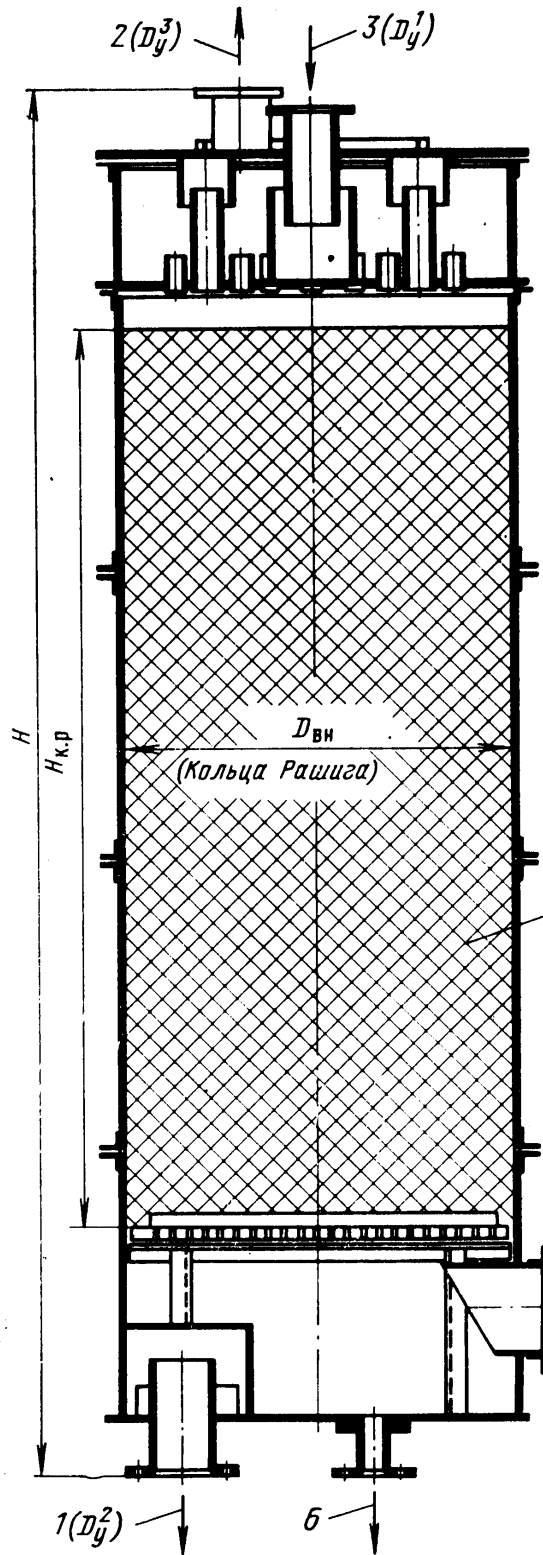


Рис. 12 Декарбонизатор с насадкой из колец Рашига
 1 – выход декарбонизированной воды; 2 – выход воздуха; вход воды в декарбонизатор; 4 – насадка из колец Рашига; 5 – вход воздуха; осадок в дренаж.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Результаты практической работы оформить в виде отчета на листах формата А4, в котором должны быть изложены:

- * наименование и вариант работы;
- * Исходные данные, отражающие: производительность установки, состав исходной воды, состав очищенной воды, режим работы установки;
- * Технологическая схема установки водоподготовки (лист формата А3);
- * Краткое описание технологической схемы;
- * Техничко-экономические показатели установки:
 - технологические показатели (табл.1);
 - расходы коагулянта, хлористого натрия и воды на собственные нужды (табл. 2);
 - количество и состав сточных вод, образующихся в процессе получения умягченной воды (табл. 3);
 - годовой расход и стоимость коагулянта, хлористого натрия, ионообменной смолы и воды на собственные нужды.

Таблица 1

Технологические показатели установки

	Наименование показателей	Обозначение	Значение
Узел коагуляции и осветления			
1	Количество 100 % сульфата алюминия, пошедшего на коагуляцию, г/м ³	D_k	
2	Расчетная скорость восходящего движения потока вод на выходе из контактной зоны осветления, мм/с	v_0	
3	Диаметр, м:		
	– шламоуплотнителя	$d_{шy}$	
	– осветлителя	d_{oc}	
4	Высота, см:		
	контактной зоны осветлителя	H_c	
	зоны осветления	H_{oc}	

Продолжений табл. 1

	Наименование показателей	Обозначение	Значение
Узел фильтрации			
5	Количество механических фильтров, включая резервный	a	
6	Диаметр фильтров, мм	d_{ϕ}	
7	Скорость фильтрования при нормальном режиме работы фильтров, м/ч	ω_{ϕ}	
8	Число регенераций ионообменных фильтров в сутки	n	
Узел умягчения			
9	Количество ионообменных фильтров, включая резервный	a	
10	Диаметр ионообменных фильтров, мм	d_{ϕ}	
11	Скорость фильтрования при нормальном режиме работы фильтров, м/ч	ω_{ϕ}	
12	Число регенераций ионообменных фильтров в сутки	n	
Узел декарбонизации			
13	Диаметр декарбонизатора, м	D	
14	Расход воздуха, подаваемого в декарбонизатор, м ³ /ч	$Q_{\text{воз}}$	

Таблица 2

Суточные расходы коагулянта, хлористого натрия (поваренной соли) и воды на собственные нужды

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Расход
1	Суточный расход коагулянта, кг/сут	$G_{\text{сут}}^k$	
2	Количество технической соли, расходуемой в сутки на регенерацию, кг/сут	$Q_{\text{т.с}}$	
3	Количество воды, израсходованной на собственные нужды, м ³ /ч	$Q_{\text{с.н}}^{\text{в}} = Q_{\text{с.н.}} + Q_{\text{в}}$	
4	при регенерации ионообменных фильтров воды, м ³ /сут	$Q_{\text{с.н}}$	
5	при регенерации механических фильтров воды, м ³ /ч	$Q_{\text{в}}$	
6	Годовой износ катионита, т/год.	I_k	

Таблица 3

Сточные воды, образующиеся при ионообменном
умягчении воды

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Значение
1	Количество сточных вод, сбрасываемое от Na-катионитных фильтров, м ³ /сут.	$Q_{сут}^{Na}$	
2	Количество поваренной соли, сбрасываемой в канализацию, т/сут,	$[NaCl]_{сут}$	
3	Количество MgCl ₂ , сбрасываемое в канализацию, т/сут,	$[MgCl_2]_{сут}$	
4	Количество CaCl ₂ , сбрасываемое в канализацию, т/сут,	$[CaCl_2]_{сут}$	
5	8.Количество шлама, образующегося в продувки осветлителя, м ³ /ч	$Q_{пр}$	
6	9.Концентрация взвешенных частиц в шламе осадке, г/л	γ_1	

Таблица 4

Годовые расходы и стоимость коагулянта, хлористого натрия,
ионообменной смолы и воды на собственные нужды.

№ п/п	Наименование показателя	Цена, руб/т	Расход в год	Стоимость тыс.руб/год
1	Расход коагулянта, т/год			
2	Количество технического хлористого натрия, расходуемого на регенерацию, т/год			
3	Количество воды, израсходованной на собственные нужды, м ³ /год			
4	Годовой износ катионита, т/год.			

Примечание: Цены на коагулянт, хлористый натрий воду и катионит принимаются по фактическим данным, или данным, приведенным в Интернете

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие виды подразделяют примеси воды в зависимости от размеров их частиц?
2. В чем сущность процесса коагуляции примесей воды?
3. Как протекает процесс коагуляции коллоидных примесей?
4. Какие реагенты применяют в качестве коагулянтов в практике водоподготовки теплоэнергетических установок?
5. Напишите реакции, которые протекают при добавлении к воде сульфата алюминия.
6. Как работают осветлители со слоем взвешенного осадка?
7. Для чего создают взвешенный слой в осветлителях?
8. Какие параметры обеспечивают стабильность работы осветлителя?
9. На чем основан процесс ионного обмена?
10. Какие ионообменные материалы называются катионитами?
11. Какие ионообменные материалы называются анионитами?
12. Для чего проводят регенерацию ионообменных смол?
13. Какие катиониты используют в установках водоподготовки энергетических объектов?
14. В чем заключается умягчение воды методом ионного обмена?
15. Напишите реакции, протекающие при ионообменном умягчении воды?
16. Для чего применяют двухступенчатое умягчение воды?
17. Жесткость воды, достигаемая после первой и после второй ступеней ионообменного умягчения?
18. На каких стадиях работы ионообменного фильтра образуются сточные воды?
19. Какие загрязнители сбрасываются со сточными водами установок ионообменного умягчения воды?
20. Чем обусловлена необходимость удаления газов из воды в установках водоподготовки?

21. Какие растворенные газы присутствуют в питательной воде котлов?
22. На чем основан метод удаления газов из воды десорбцией?
23. Какие факторы влияют на процесс десорбции газов из воды?
24. Как образуется растворенный диоксид углерода CO_2 в умягченной воде, подвергнутой Na- или H-катионированию?
25. Какой процесс называется декарбонизацией, его сущность?
26. Как устроен и как работает декарбонизатор?
27. Для чего применяется насадка в декарбонизаторе?
28. Из каких материалов изготавливают насадку в декарбонизаторе?

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белан Ф.И. Водоподготовка: Учеб. для техникумов. – М.: Энергия, 1979. – 208 с.
2. Белан Ф.И. Водоподготовка промышленных котельных /Ф.И. Белан, Г.П. Сутоцкий. – М.: Энергия, 1969. – 328 с.
3. Белоконова А.Ф. Водно-химические режимы тепловых электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 245 с.
4. Вихрев В.В. Водоподготовка /В.В. Вихрев, М.С. Шкроб. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
5. Водоподготовка: Процессы и аппараты. – М.: Атомиздат, 1977. – 352 с.
6. Громогласов А. А. Водоподготовка: Процессы и аппараты /А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.П. Пильщиков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 271 с.
7. Кострикин Ю.М. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справ. /Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 251 с.
8. Шкроб М.С. Водоподготовка: Учеб. для энергетических вузов и факультетов /М.С. Шкроб, В.Ф. Вихрев.– М.; Л.:Энергия, 1966. – 416 с.

Приложение
Исходные данные для расчетов

№ ва- рианта	Рас- ход воды , Q_0 , $м^3/ч$	Состав воды				Коли- чество филь- тров, a	Число реге- нера- ций филь- тра в сутки, n
		жест- кость, $Ж_0$, мг-экв/л	концентрация				
			ионов каль- ция, $Ж_{Ca}$, мг-экв/л	ионов маг- ния, $Ж_{Mg}$, мг- экв/л	ионов натрия , C_{Na} , мг/л		
1	30	1,6	1,17	0,43	12,4	3	2
2	60	1,6	1,17	0,43	12,4	3	2
3	100	1,6	1,17	0,43	12,4	4	2
4	150	1,6	1,17	0,43	12,4	5	2
5	200	1,6	1,17	0,43	12,4	4	2
6	30	4,5	3,5	1,0	35,0	4	3
7	60	4,5	3,5	1,0	35,0	4	3
8	100	4,5	3,5	1,0	35,0	5	3
9	150	4,5	3,5	1,0	35,0	4	3
10	200	4,5	3,5	1,0	35,0	4	3
11	30	7	5,0	2,0	55,0	5	3
12	60	7	5,0	2,0	55,0	5	3
13	100	7	5,0	2,0	55,0	5	3
14	150	7	5,0	2,0	55,0	4	3
15	200	7	5,0	2,0	55,0	5	3
16	30	10	7,0	3,0	75,0	4	3
17	60	10	7,0	3,0	75,0	4	3
18	100	10	7,0	3,0	75,0	5	3
19	150	10	7,0	3,0	75,0	5	3
20	200	10	7,0	3,0	75,0	5	3
21	30	15	11,0	4,0	115,0	5	3
22	60	15	11,0	4,0	115,0	5	3
23	100	15	11,0	4,0	115,0	5	3
24	150	15	11,0	4,0	115,0	5	3
25	200	15	11,0	4,0	115,0	5	3