

**Министерство высшего и среднего специального  
Образования Республики Узбекистан  
Ташкентский государственный технический университет  
им. Абу Райхана Беруни**

**Энергетический факультет  
Кафедра «Теплоэнергетика»**

*На правах рукописи*

***ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА***

**На тему: Расчет расхода тепла при очистке  
производственного конденсата на адсорбционной  
установке производительностью 50 т/ч**

**для присвоения степени бакалавра по направлению  
5520100-Теплоэнергетика**

**бакалавр Майсак Денис Сергеевич**

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц. Бабаходжаев Р.П. \_\_\_\_\_

Руководитель: к.х.н., доц. Хашимова М.А. \_\_\_\_\_

Ташкент 2014 г.

## АННОТАЦИЯ

Бу битирув малакавий ишида саноат корхоналардан келаётган ишлаб чиқарилган - ифлосланган конденсатни тузсизлантириш қурилмаларида механик филтрлар ёрдамида тозаланган конденсат олиниши, филтрларни ишлатиш технологияси ёритилган. Шу билан биргаликда ион алмашув жараёнларини асослари, регенерациялаш жараёни тўғрисида маълумот берилган.

Бу битирув малакавий ишида иссиқлик энергетикасида техника хавфсизлигини таъминлаш, атроф мухитни муҳофаза қилиш имкониятлари кўрсатилган.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	4
<b>Глава 1. Основы осветления воды на механических фильтрах</b>	8
<b>Глава 2. Основные закономерности метода ионного обмена</b>	12
<b>Глава 3. Технология очистки производственного конденсата</b>	19
3.1. Очистка конденсата от нефтепродуктов.	21
3.2. Обезжелезивание и обессоливание производственного конденсата.	22
<b>Глава 4. Расчетная часть</b>	24
4.1. Расчет оборудования установки очистки производственного Конденсата	24
4.2. Расчет расходы тепла при очистке производственного Конденсата	31
<b>Глава 5. Экономика</b>	32
<b>Глава 6. Экология</b>	34
<b>Глава 7. Безопасность жизнедеятельности</b>	42
<b>Выводы</b>	53
<b>Литература</b>	54

## Введение

До 2015 года в энергетической отрасли Узбекистана реализуется свыше 40 инвестиционных проектов общей стоимостью более 8 миллиардов долларов США. Подавляющее большинство средств будет направлено на внедрение современных технологий производства электрической и тепловой энергии на базе парогазовых установок, увеличение доли твердого топлива и гидроэнергоресурсов в топливно-энергетическом балансе, строительство межсистемных линий электропередач и опорных подстанций.

В отчете ГАК "Узбекэнерго" отмечается, что в прошлом году в рамках различных инвестиционных проектов были осуществлены работы по строительству, реконструкции и модернизации на 14 объектах, в том числе на ОАО "Ташкентская ТЭЦ", на заводе по производству сахара в СИЗ "Ангрен", на Ново-Ангренской ТЭС, Чарвакской ГЭС и других. Кроме того, на Ташкентской, Талимарджанской, Навоийской ТЭС и Ташкентской ТЭЦ начат монтаж парогазовых и газотурбинных установок общей мощностью в 1775 мегаватт. Высокие технико-экономические показатели позволят экономить до 360 миллионов кубометров топлива в год на каждой из них. За последние два года в рамках Инвестиционной программы ГАК "Узбекэнерго" завершена реализация 30 проектов на общую сумму свыше 1100 миллионов долларов. В 2014 году компанией планируется реализовать 28 крупных инвестиционных проектов по созданию новых, модернизации и реконструкции действующих производств общей стоимостью более 6330 миллиона долларов. Как отмечают эксперты, реализация проектов не только способствует повышению конкурентоспособности экономики страны, но что немало важно создает новые рабочие места. Так в системе "Узбекэнерго" создано более 1600 новых рабочих мест, многие из которых заняли выпускники профессиональных колледжей.

В Узбекистане создана надежная энергетическая база для реализации программ социально-экономического развития страны, обеспечена подлинная энергетическая независимость. Энергосистема республики сегодня - это 37 тепловых и гидравлических электростанций с общей установленной мощностью более 11 миллионов киловатт и с возможностью выработки до 55 миллиардов

киловатт-часов в год. Общая протяженность линий электропередачи всех напряжений составляет более 230 тысяч километров. Теплоэнергетика Узбекистана функционирует на базе собственных топливно-энергетических ресурсов. Крупные тепловые электростанции, такие как Сырдарьинская ГРЭС, мощностью 3 млн. киловаттВт, Ново-Ангренская - 2,1, Ташкентская - 1,86, Навоийская - 1,25 являются основой электроэнергетики республики. Доля их в структуре общей установленной мощности энергосистемы составляет 87 процентов. На тепловых электростанциях установлено 30 энергоблоков единичной мощностью от 150 до 300 тысяч киловатт. Дальнейшее укрепление экономики и повышение благосостояния народа связаны с неразрывной работой и совершенствованием энергетической отрасли. Важнейшие вопросы перспективного развития и реконструкции генерирующих мощностей в энергетике Узбекистана были рассмотрены на совещании, прошедшем под председательством Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова [1]. В ходе упомянутого совещания были сформулированы первоочередные задачи, стоящие перед энергосистемой.

Ближайшие перспективы развития теплоэнергетики предусматривают как ввод новых генерирующих мощностей, так и реконструкцию, и модернизацию уже имеющихся. Этот процесс осуществляется с широким привлечением иностранных инвестиций и с участием ведущих зарубежных фирм. В текущем году за счет кредита ЕБРР германская фирма "Сименс" приступила к реконструкции двух энергоблоков Сырдарьинской ГРЭС. Приоритетными для энергетики Узбекистана являются также проекты реконструкции Навоийской и Ташкентской ГРЭС, модернизации Мубарекской ТЭЦ и кабельных сетей г.Ташкента. Гидроэлектростанции Узбекистана работают, в основном, в каскадном режиме. Решая комплексные задачи энергообеспечения и ирригации, они обеспечивают выработку относительно дешевой и экологически чистой электроэнергии. Крупнейшими гидрообъектами республики в настоящее время являются Чарвакская ГЭС, мощностью 620,5 МВт, Ходжикентская - 165, Фархадская - 126, Газалкентская - 120 МВт. В ближайшем будущем потенциал гидроэнергетики республики будет усилен за счет крупномасштабного развития малых ГЭС на водохозяйственных объектах, что позволит вырабатывать дополнительно до 1,3 миллиарда киловатт-часов электроэнергии в год. Важным фактором,

способствующим качественному функционированию и развитию электроэнергетики, является усиление международной кооперации в этой области. Энергосистема Узбекистана, будучи составной частью Объединенной энергосистемы Центральной Азии, обладает порядка 40 процентами генерирующих мощностей ОЭС. Через электрические сети республики осуществляются реверсивные потоки электроэнергии в Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан. За последние годы энергетиками республики установлены прочные связи со многими странами мира, Узбекистан стал членом ряда авторитетных международных энергетических организаций, в том числе Европейской Энергетической Хартии.

Энергетическая отрасль является динамичной структурой и развивается в общем русле экономических преобразований, осуществляемых в республике. Последовательно проводится работа по реструктуризации отрасли. В настоящее время преобразованы в акционерные общества открытого типа 17 предприятий энергосистемы. Сегодня разработаны комплекс мер, призванных способствовать формированию конкурентной среды в сфере энергетики. В эти дни энергетики республики подводят итоги своей работы. За 11 месяцев 2000 года электростанциями Минэнерго Узбекистана выработано 41,6 млрд.кВт.ч. электрической энергии, отпущено 19,1 млн. гигакалорий тепловой энергии. За указанный период в целом по Минэнерго освоено 10,6 млрд. сумов капитальных вложений. Введено в эксплуатацию около 70 километров ЛЭП всех напряжений, 548,5 тыс.кВА трансформаторных мощностей, на предприятиях и в структурных подразделениях на 140 млн.сумов, платных услуг оказано на 15 млрд.сумов. Значительно улучшено теплоснабжение г.Ташкента с вводом водогрейного котла 100 Гкал/час на ТЦ-5 "Чиланзарская" до 3000 куб.м/час.

Сейчас у нас ответственная пора: практически все предприятия, завершив подготовку к зиме, работают в напряженном режиме. Говоря о достижениях энергетической отрасли в текущем году, нельзя забывать и о существующих проблемах, с которыми сталкиваются предприятия энергосистемы. Хотя ежегодная выработка электроэнергии остается стабильной в течение последних пяти лет и составляет в среднем 45,5 млрд кВт.ч., полностью удовлетворяет потребности народного хозяйства и населения республики, сегодня наблюдается снижение ряда

показателей работы энергосистемы. Прежде всего, это связано с острейшим маловодьем нынешнего года, которое ударило не только по сельскому хозяйству, но и по энергетике, и стало причиной уменьшения объема выработки электроэнергии на гидростанциях республики. Неблагоприятные природные условия вызвали значительный рост электропотребления в системе Минсельводхоза, повлияли на уровень пиковой мощности в энергосистеме. Важнейшим является вопрос снижения дебиторско-кредиторской задолженности. В Минэнерго постоянно ведется работа в этом направлении: группа контроля осуществляет мониторинг задолженности потребителей за отпущенную энергию. Однако, на сегодняшний день еще имеют место случаи нарушения договорных обязательств со стороны потребителей, не оплачивающих вовремя использованную энергию. Укрепление платежной дисциплины, улучшение взаиморасчетов между производителями и потребителями энергии позволяют решить многие проблемы, связанные с материально-техническим обеспечением отрасли, внедрением новых технологий в энергопроизводство. Выполнение всех стоящих перед энергосистемой республики задач обеспечивает почти 60-тысячный коллектив энергетиков. На предприятиях отрасли уделяется особое внимание вопросам оздоровления и социального благополучия персонала. Наряду с заботой о здоровье подрастающего поколения, особое значение придается в энергосистеме вопросам подготовки молодой смены. В этом году за счет собственных средств Минэнерго в Кибрайском районе столичной области построен и сдан в эксплуатацию колледж для подготовки специалистов-энергетиков на 450 мест. Современной молодежи предстоит участвовать в создании энергетики будущего, ей передадут свой опыт те высококвалифицированные специалисты, которые трудятся сегодня на предприятиях Минэнерго. Современный энергетический потенциал, служащий опорой экономики и основой благосостояния народа нашего государства, создается их трудом и трудом всех работников энергосистемы Узбекистана. Поздравляя с профессиональным праздником всех энергетиков республики, желаем им крепкого здоровья и плодотворной работы на благо и процветание родного Узбекистана

## Глава 1. Основы осветления воды на механических фильтрах

Очистка конденсата от взвешенных и дисперсных частиц ведется на первой ступени БОУ — в механических или электромагнитных фильтрах. Удаление растворенных загрязнений достигается на второй — ионитной ступени очистки.

Для механической очистки турбинного конденсата используются ионитные фильтры ФИС-3,4-1,0. Катионитный фильтр состоит из следующих основных элементов: корпуса, верхнего и нижнего распределительных устройств и фильтрующей загрузки (рис.1).

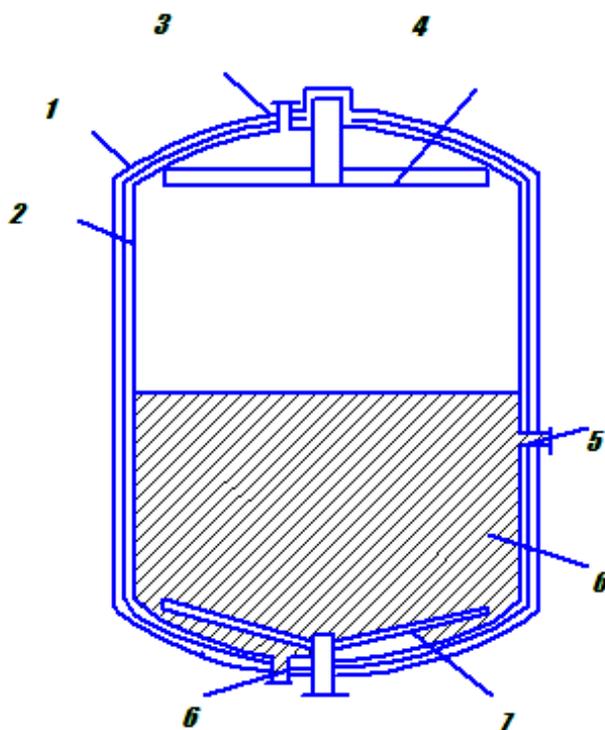


Рис. 1 Схема механического фильтра конденсатоочистки:

1 — корпус фильтра; 2 — защитное покрытие; 3 — штуцер для гидроперегрузки фильтрующего материала; 4 — верхнее дренажное распределительное устройство; 5 — штуцер для гидравлической выгрузки верхней части фильтрующего слоя; 6 — фильтрующий слой; 7 — нижнее дренажное распределительное устройство; 8 — патрубок гидравлической выгрузки всего фильтрующего слоя

Техническая характеристика ФИС-3,4-1,0: производительность 450 м<sup>3</sup>/ч; скорость фильтрования 50 м/ч; фильтрующий материал дробленый антроцит. Нижнее распределительное устройство (НРУ) состоит из центрального цилиндрического стакана, в отверстия которого плотно вставлены четыре сборных коллектора, установленных наклонно к оси фильтра. К коллекторам крепятся лучевые отводы с перфорированными желобками со щелями 4X0,25 мм. Такое расположение НРУ до минимума сокращает зону «мертвого пространства» у днища фильтра. Верхнее распределительное устройство (ВРУ) типа «стакан в стакане» служит для подачи в фильтр обрабатываемого конденсата и отвода промывной воды при взрыхлении катионита. Внутренний стакан диаметром 306 мм имеет отверстия диаметром 15 мм, наружный стакан диаметром 706 мм с отверстиями диаметром 20 мм. Нижние днища стаканов заглушены и скреплены между собой болтами.

Во время работы МФ контролируются следующие показатели:

- производительность фильтра
- давление конденсата до и после фильтра
- давление после ловушки
- концентрация железа до и после фильтра в период пуска блока
- содержание железа после МФ не более 100 мкг/кг, в период устанавливающегося режима работы не более 10 мкг/кг.

МФ отключают на регенерацию в случае:

- когда направляют его в резерв, ремонт или в аварийных ситуациях (обнаружение неплотностей во фланцевых соединениях, при наличии свищей, течи прокладки люков и т.д)
- на регенерацию загруженного материала
- если перепад давления в фильтре 0,1— 0,15 МПа (контролируется вход и выход фильтрата в фильтре при чистой ловушке) вследствие загрязнения и материала нефтепродуктами и т.д.

Промывку фильтрующего материала осуществляют восходящим потоком воды, которую подают в фильтр через нижнее дренажно-распределительное устройство. Необходимым условием промывки является расширение объема слоя

фильтрующего материала на 40—50%, позволяющее зернам фильтрующего материала свободно перемещаться в потоке воды.

Отлетающие с поверхности фильтрующих зерен частицы загрязнений и измельчившиеся частицы фильтрующего материала вместе с восходящим потоком воды отводятся из фильтра через верхнее дренажно-распределительное устройство. Необходимое расширение фильтрующего слоя достигается при соответствующей скорости потока воды, которая характеризуется интенсивностью промывки, т. е. расходом воды в литрах за 1 с через 1 м<sup>2</sup> площади поперечного сечения фильтра.

Интенсивность промывки зависит от рода фильтрующего материала, диаметра его зерен и температуры промывочной воды. Так, для кварцевого песка интенсивность промывки составляет 15—18, для дробленого антрацита 10—12 л/(м<sup>2</sup>-с). Интенсивность промывки контролируют по часовому расходу промывочной воды. Время, необходимое для промывки фильтра, составляет 6—10 мин. Качество промывки контролируют, анализируя пробы воды, выходящей из фильтра, на мутность. При этом необходимо контролировать содержание в пробах воды крупных частиц фильтрующего материала, которые характеризуют наличие выноса фильтрующего материала из фильтра. При обнаружении выноса следует уменьшить интенсивность промывки.

Для промывки фильтра используют осветленную воду, которую заранее накапливают в специальном баке и подают на фильтр насосами. Напор, создаваемый насосами, должен быть рассчитан таким образом, чтобы преодолеть сопротивление, создаваемое трубопроводами, слоем фильтрующей загрузки и слоем воды в фильтре

**Электромагнитный фильтр** состоит из цилиндрического корпуса, изготовленного из аустенитной (немагнитной) стали (рис. 2), загруженного на высоту 1 м ферромагнитными шариками диаметром 5—7 мм из стали ШХ-15. На корпус фильтра надета электромагнитная катушка, через обмотку которой во время работы проходит постоянный ток. В верхней и нижней части корпуса расположены металлические сетки, препятствующие выносу шариков в рабочем цикле и при промывке. Над слоем шариковой загрузки в фильтре остается свободное пространство, необходимое для создания «кипящего» слоя шариков при промывке. Объем этого пространства должен быть не менее 40% общего объема фильтра.

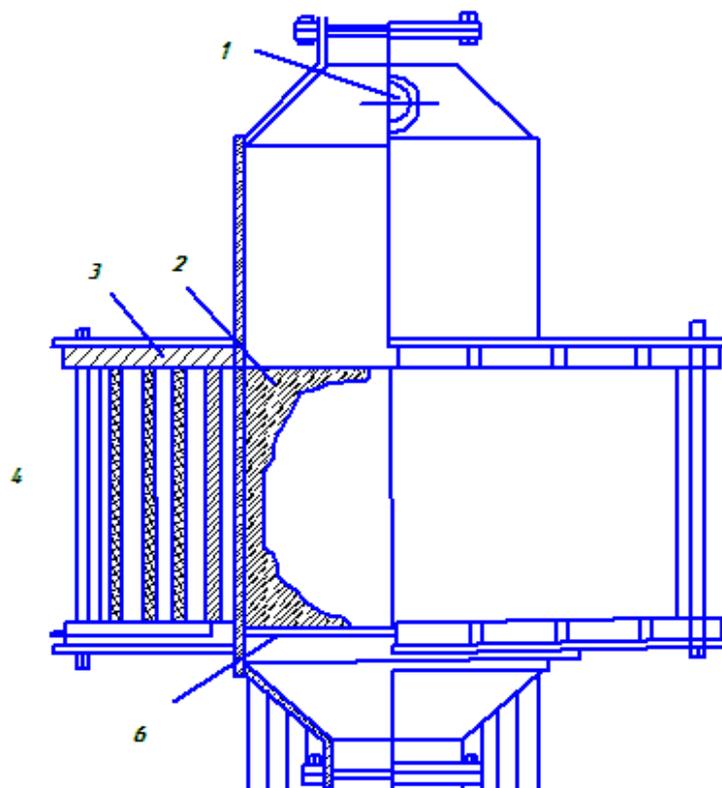


Рис. 2 Электромагнитный фильтр:

1— смотровое окно; 2 — ферромагнитные шарики; 3 — корпус соленоида; 4 — соленоидная катушка; 5 — поддерживающий диск

При включении электромагнитной катушки создается магнитное поле, намагничивающее шаровую загрузку. Между стальными шариками возникают участки с различными напряженностью и градиентом магнитного поля. Железоокисная ферромагнитная взвесь, содержащаяся в очищаемом конденсате, намагничивается; и задерживается у магнитных полюсов, у точек контактов шариков.

Емкость ЭМФ по оксидам железа составляет 1—2 г на 1 кг шариков.

В процессе работы ЭМФ контролируют производительность, перепад давления на фильтре, содержании железа до и после фильтра. Фильтр на промывку отключают при снижении степени обезжелезивания до 30% и увеличении гидравлического сопротивления фильтра на 15—20% номинального.

## Глава 2. Основные закономерности метода ионного обмена

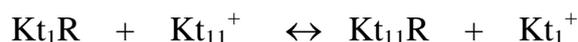
Ионитное обессоливание воды является одним из наиболее эффективных способов глубокого снижения соледержания и кремнесодержания воды.

**Катионирование** называют технологический процесс обработки воды с помощью **катионитов**, т.е. сорбентов, способных обменивать **катионы**, содержащиеся в твёрдой фазе, на катионы, находящиеся в растворе. Аналогично процесс обмена анионов, находящихся в твёрдой фазе сорбента, носит название **анионирование**; применяемые при этом сорбенты называют **анионитами**. Оба эти класса сорбентов объединяют под названием **иониты**. Существуют различные марки катионитов (например, сульфуголь, катионит КУ-2, КБ-4) и анионитов (например, АН-31, АН-17).

В зависимости от того, какие ионы находятся в твёрдой фазе ионита, различают его формы, например, Na-катионит, H-катионит, OH-анионит, Cl-анионит и т.д.

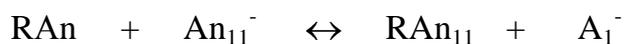
При написании реакций обмена ионов отдельные формы ионитов принято обозначать следующим образом: NaR, HR, NH<sub>4</sub>R, ROH, RCl, подразумевая под знаком R или анион катионита (в случае катионита), радикал R условно считают одновалентным.

Обмен ионов протекает в строго эквивалентных количествах; электронейтральность раствора и твёрдой фазы ионита при обмене ионов не нарушается. В общем виде реакции обмена ионов можно записать так: для катионита



Катионит    раствор                      катионит    раствор

Для анионита



анионит    раствор                      анионит    раствор,

где  $Kt_1^+$  и  $Kt_{11}^+$  -обмениваемые катионы;  $An^-$  и  $An_{11}^-$ -обмениваемые анионы.

Реакции обмена ионов обратимы, т.е. могут протекать как в направлении слева направо, так и справа налево. В какую сторону будет смещено равновесие в данной системе, зависит от природы обмениваемых ионов и от соотношения их концентраций в растворе и в ионите. Обратимость реакций обмена ионов позволяет осуществлять процесс регенерации ионитов, в результате которого одно и то же количество ионита может быть использовано многократно.

В данной практической работе в качестве катионита используется сульфуголь в виде Na-сульфоугля и H-сульфоугля (NaR и HR). Процесс сорбции катионов осуществляется в динамических условиях, т.е. при фильтровании воды через зернистый слой катионита (средний диаметр зёрен катионита от 0,3 до 1,2).

При Na-катионировании воды происходит обмен катионов, находящихся в исходной воде, на ион натрия



При H-катионировании воды происходит обмен катионов, присутствующих в воде, на ион водорода:

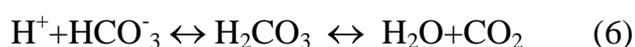


В результате удаления ионов кальция и магния как при Na-катионировании, так и при H-катионировании достигается умягчение воды (остаточная жёсткость воды обычно менее 0,01 – 0,03 мг-экв/л).

Одновременно с умягчением происходят следующие изменения качества воды.

При Na-катионировании солесодержание воды несколько повышается, так как на каждый удалённый грамм-ион кальция и магния в раствор переходят по 2 грамм-иона натрия. Анионный состав обрабатываемой воды при Na-катионировании остаётся практически постоянным (щёлочность не изменяется).

При H-катионировании в воде появляется кислотность. Так как ионы  $\text{H}^+$  взаимодействуют с находящимися в воде бикарбонат-ионами, приводя к образованию угольной кислоты:



то концентрация ионов водорода в воде оказывается меньше суммы эквивалентных концентраций находившихся в воде катионов на величину концентрации (эквивалентной) ионов  $\text{HCO}_3^-$ , т.е.

$$C_{\text{H}^+} = \sum C_{\text{kt}^+} - C_{\text{HCO}_3^-} \quad (7)$$

Учитывая, что в исходной воде сумма концентраций (эквивалентных) катионов равна сумме концентраций анионов, взамен уравнения (7) можно написать

$$C_{\text{H}^+} = \sum C_{\text{An}^-} - C_{\text{HCO}_3^-} \quad (8)$$

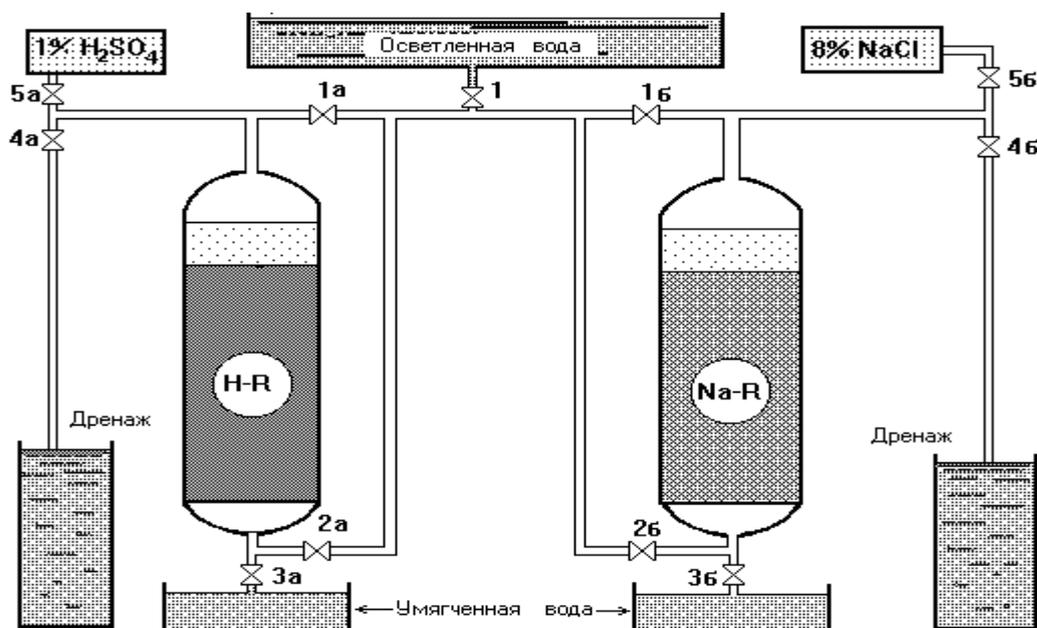
или

$$C = C_{\text{Cl}^-} + C_{\text{SO}_4^{2-}} + C_{\text{NO}_3^-} = \sum C_{\text{Ac}^-} \quad (9)$$

где  $\text{Ac}^-$  – анионы сильных кислот.

Концентрация ионов  $\text{H}^+$  в  $\text{H}^-$  – катионированной в воде не постоянна, она изменяется (снижается) по мере протекания процесса. Величина концентрации ионов  $\text{H}^+$ , вычисленная по формулам (7) – (9), имеет место в начальный период работы  $\text{H}^-$  катионитного фильтра. С течением времени содержание ионов  $\text{H}^+$  в твёрдой фазе катионита снижается с одновременным повышением в ней содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ . Так как катионит способен обменивать ионы  $\text{Na}^+$  на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  уравнение (1) и (2), то эти реакции и будут иметь место в последующий период работы фильтра.

Регенерацию истощённого  $\text{Na}^-$  катионита осуществляется раствором хлористого натрия (концентрация раствора 7-8 %), а  $\text{H}^-$  катионита – раствором серной кислоты (концентрация 1,5 – 1 %). Вследствие относительно большой концентрации ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{H}^+$  в регенерационном растворе реакции (1) – (5) протекают справа налево (рис.3)



**Рис.3** Схема процесса катионирования  $\text{Na}^+$  и  $\text{H}^+$

Ионитное обессоливание воды основывается на осуществлении процессов Н-катионирования и ОН-анионирования. Технологический процесс ионитного обессоливания может складываться из нескольких ступеней ионирования воды. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству обработанной воды, и состава примесей исходной воды число ступеней ионирования может быть различным.

Вода после Н-катионитных фильтров имеет кислую реакцию ( $\text{pH} < 7$ ), причём кислотность её зависит от ионного состава примесей исходной воды. С момента начала рабочего цикла фильтра до момента проскока ионов натрия кислотность Н-катионированной воды остаётся постоянной и равной суммарной концентрации анионов сильных кислот. Проскок в фильтрат ионов натрия и дальнейшее увеличение их концентрации сопровождается эквивалентным снижением кислотности воды.

При получении обессоленной воды необходимо предотвратить поступление ионов натрия в фильтрат Н-катионитных фильтров. Поэтому в отличие от схем Н- и Na-катионирования воды, где фильтры выключаются на регенерацию по проскоку жёсткости, Н-катионитные фильтры в схемах обессоливания выключаются на регенерацию по проскоку  $\text{Na}^+$ . Так как аналитическое определение натрия затруднительно, то момент проскока  $\text{Na}^+$  определяется

косвенным путём (по снижению кислотности Н-катионированной воды). Принято считать за момент проскока  $\text{Na}^+$  снижение кислотности на 0,15-0,20 мг-экв/л.

При последующем фильтровании воды через ОН-анионитные фильтры анионы, содержащиеся в Н-катионированной воде ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), обмениваются на ионы  $\text{OH}^-$ , содержащиеся в анионите, согласно уравнениям (1)-(2)



Ионы гидроксила, переходящие из анионита в раствор, связываются с ионами  $\text{H}^+$  присутствующими в Н-катионированной воде, образуя молекулы воды, что вызывает повышение рН раствора по мере его прохождения через ОН-анионитный фильтр. Вследствие того, что степень диссоциации слабых кислот с повышением рН возрастает, находящиеся в Н-катионированной воде слабые кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  начинают диссоциировать.



Образующиеся при этом анионы  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{HsiO}_3^-$  также замещаются ионами  $\text{OH}^-$ , содержащиеся в  $\text{OH}^-$ -анионите,



Таким образом, при последовательном пропуске воды через Н-катионитный и ОН-анионитный фильтры в результате удаления катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$  и анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{HsiO}_3^-$  получается вода с ничтожным, по сравнению с исходной водой, солесодержанием и кремнесодержанием, т. е. обессоленная вода и обескремненная вода. При применении упрощённой схемы получают обессоленную воду с солесодержанием порядка 2-5 мг/л и кремнесодержанием порядка 0,1-0,5 мг/л (в пересчёте на  $\text{SiO}_3^{2-}$ ).

В качестве загрузки анионитных фильтров в этой схеме применяют **сильноосновные аниониты** (например, АВ-17), обладающие способностью сорбировать из водных растворов анионы как сильных, так и слабых кислот. Слабоосновные аниониты сорбируют только анионы сильных кислот и,

следовательно, не могут обеспечить обескремнивания воды. Аналогично катионитам, аниониты лучше сорбируют двухвалентные, чем одновалентные ионы. Поэтому зона преимущественной сорбции ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  располагается выше зоны сорбции ионов  $\text{Cl}^-$ . Так как ионы  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{HSiO}_3^-$  образуются только при повышенных значениях pH, а последние могут создаться в растворе, когда анионы сильных кислот практически полностью сорбированы, то зона сорбции ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{HSiO}_3^-$  располагается ещё ниже зоны сорбции ионов  $\text{Cl}^-$ . В соответствии с этим при работе ОН-анионитного фильтра сначала наблюдается проскок кремнекислоты, затем углекислоты и далее ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ .

При обескремнивании воды, то включают ОН-анионитные фильтры на регенерацию по проскоку кремнекислоты. В схеме упрощённого обессоливания её момент проскока кремнекислоты обычно принимают концентрацию её, равную 1 мг/л (в пересчёте на  $\text{SiO}_3^{2-}$ ).

В качестве регенерационного раствора для ОН-анионитных фильтров применяют раствор едкого натрия. При регенерации ОН-анионита реакции (1)-(2) и (5)-(6) протекают в направлении справа налево.

Так как стоимость сильноосновных анионитов весьма высока, а их обменная ёмкость до проскоков кремнекислоты относительно невелика, использовать сильноосновные аниониты для удаления угольной кислоты, которая в Н-катионированной воде содержится в значительных концентрациях, неэкономично (большой расход дорогостоящего NaOH на регенерацию). Поэтому в большинстве схем обессоливания основное количество углекислоты удаляют аэрированием. Этот процесс осуществляют в специальных аппаратах, называемых декорбонизаторами.

Конструкции декорбонизаторов разнообразны. Как правило, в них реализуется принцип противотока (вода движется сверху вниз, воздух снизу вверх) и применяется разбрызгивание воды с помощью насадок того или иного вида для увеличения поверхности соприкосновения воды с воздухом. Остаточная концентрация  $\text{CO}_2$  после декорбонизатора при хорошей его работе составляет примерно 1,5-2 мг/л  $\text{CO}_2$ . Углекислота, оставшаяся в воде после аэрирования, удаляется сильноосновным анионитом.

Поскольку в декарбонизаторах имеет место безнапорное движение воды, приходится после них устанавливать промежуточную ёмкость для сбора воды. В производственных условиях для этой цели используются баки, из которых вода насосами подаётся на анионитные фильтры. (см. рис.4).

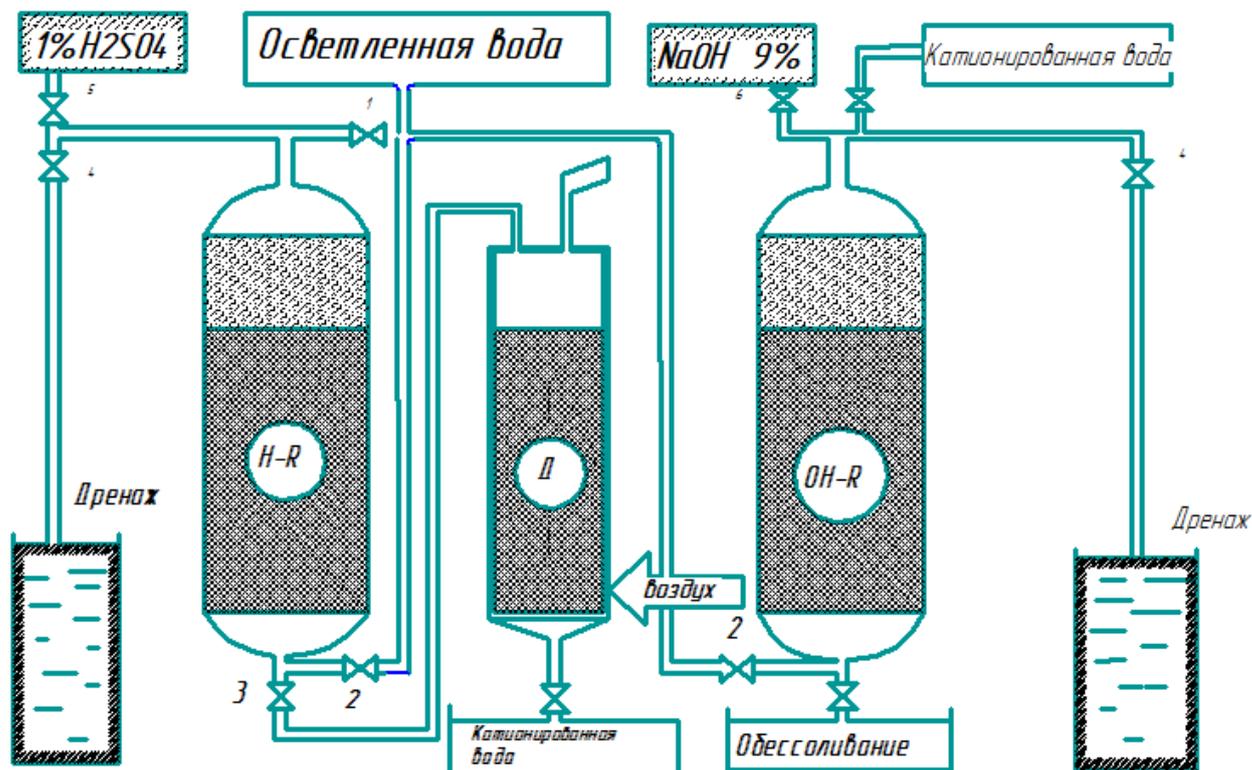


Рис.4 Схема ионитного обессоливания воды.

### **Глава 3. Технология очистки производственного конденсата**

Из конденсатов, циркулирующих в цикле ТЭЦ и ТЭС, наиболее загрязненным является возвратный конденсат технологических (промышленных) потребителей пара. При большом различии аппаратов промышленного пароиспользования возникающие загрязнения, переходящие в конденсат, представлены широкой гаммой различных веществ: нефтепродуктов, химических веществ различных типов, минеральных примесей воды и др. Из - за присосов воздуха в вакуумной части технологической аппаратуры возвратный конденсат может загрязняться атмосферными газами. Большая протяженность конденсатопроводов, соединяющих ТЭС с промышленными предприятиями, и загрязненность конденсата коррозионно - агрессивными примесями, в частности  $O_2$  и  $CO_2$ , приводят к интенсивной коррозии металла конденсатопроводов и соответствующему загрязнению конденсата продуктами коррозии железа.

Несмотря на относительно невысокое суммарное загрязнение возвратного производственного конденсата примесями (менее 10 мг/кг), возможность его очистки и дальнейшего использования должна решаться в каждом конкретном случае на основе технико - экономического анализа. При выборе технологии и схемы очистки производственного конденсата следует учитывать влияние не только самих загрязняющих его примесей на состояние поверхностей нагрева теплосилового оборудования, но и продуктов термического разложения этих примесей. Конденсат, который может быть загрязнен соединениями, образующими при термоллизе минеральные или органические кислоты, не должен использоваться в цикле ТЭС. К числу таких соединений, прежде всего относятся: органически связанные галоиды, сера, селен, мышьяк, фосфор, азот и другие элементы.

В связи с множеством загрязняющих примесей и методы очистки могут быть различными, поэтому целесообразно рассмотреть технологии очистки от наиболее часто встречающихся в практике загрязнений, т. е. от нефтепродуктов, продуктов коррозии и минеральных солей. Кроме специфики загрязняющих примесей схема очистки конденсата определяется и рабочими параметрами котлов ТЭС. Так, для

котлов среднего давления схема может иметь только одну ступень механической очистки, а для котлов высокого и сверхвысокого давления необходима и/вторая ступень — ионитная очистка.

В процессе сбора и перекачки конденсата на ТЭЦ может происходить насыщение его кислородом, что приводит к увеличению в нем содержания железа. К такому же результату приводит и обогащение конденсата углекислотой. Поэтому наряду с очисткой конденсата необходимо предусматривать мероприятия, предотвращающие загрязнение его железом. К таким следует отнести: применение закрытых и плотных систем сбора конденсата, организацию вентиляции паровых объемов теплообменных аппаратов, внедрение аммиачной обработки конденсата и др.

Производственный конденсат в отличие от турбинного загрязнен продуктами низкотемпературной коррозии в форме тонкодисперсной взвеси гидроксидов металлов, не удаляемых полностью при фильтровании. В связи с этим необходимо снижать интенсивность коррозии пароводяного тракта, стремясь обеспечить содержание продуктов коррозии в конденсате, возвращаемом на ТЭЦ, обусловленное нормами на качество возвратного производственного конденсата.

Создание оптимальных значений pH конденсата в пределах 8,5—9,5 обеспечивается дозированием аммиака или едкого натра. Рекомендуется также введение в пар, направляемый на производство, пленкообразующих аминов, если эта обработка не противопоказана технологией использования пара у потребителя. Наиболее эффективным пленкообразующим ингибитором коррозии металлов является техническая смесь алифатических аминов  $C_{17}$ — $C_{26}$ . Расход технической смеси 0,4—0,5 мг на 1 кг пара обеспечивает снижение содержания железа в производственном конденсате до; 0,03—0,05 мг/кг

Для защиты конденсата от контакта с воздухом в баках- сборниках применяют герметик АГ-4 — это высокомолекулярный раствор минерального масла, загущенный каучукообразными полимерами и стабилизированный антиокислительной добавкой. Герметик вливают на дно бака перед подачей в него конденсата. В процессе заполнения бака (снизу) внутренняя поверхность его покрывается защитной пленкой и на поверхности воды создается защитный слой герметика толщиной до 40 мм. Расход герметика на создание защитной пленки

поверхности зеркала испарения составляет 36, на создание пленки на внутренней поверхности бака 0,8 кг/м<sup>2</sup>

### **3.1. Очистка конденсата от нефтепродуктов.**

Производственный конденсат, загрязненный различными примесями, в том числе и нефтепродуктами, необходимо подвергнуть, прежде всего, очистке от нефтепродуктов. Совмещение обезмасливания с ионитной очисткой и очисткой от продуктов коррозии нецелесообразно.

Эффективная очистка от нефтепродуктов конденсата возможна при его загрязнении не более 20 мг/кг. Нефтепродукты образуют неустойчивую эмульсию, расслаивающуюся при отстаивании, в особенности быстро протекает расслаивание при высокой температуре, так как ее повышение уменьшает вязкость воды.

Из конденсатов, циркулирующих в цикле ТЭС и ТЭЦ, наиболее загрязненным является возвратный конденсат технологических (промышленных) потребителей пара. При большом различии аппаратов промышленного пароиспользования возникающие загрязнения, переходящие в конденсат, представлены широкой гаммой различных веществ: нефтепродуктов, химических веществ различных типов, минеральных примесей воды и др. Из-за присосов воздуха в вакуумной части технологической аппаратуры возвратный конденсат может загрязняться атмосферными газами. Большая протяженность конденсатопроводов, соединяющих ТЭС с промышленными предприятиями, и загрязненность конденсата коррозионно - агрессивными примесями, в частности O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, приводят к интенсивной коррозии металла конденсатопроводов и соответствующему загрязнению конденсата продуктами коррозии железа. Таким образом, несмотря на относительно невысокое суммарное загрязнение возвратного производственного конденсата примесями (менее 10 мг/кг), возможность его очистки и дальнейшего использования должна решаться в каждом конкретном случае на основе технико - экономического анализа.

Схема очистки конденсата от нефтепродуктов определяется степенью его загрязнения. При содержании нефтепродуктов не более 10 мг/кг очистка может быть достигнута с применением только сорбционных фильтров. Когда содержание нефтепродуктов превышает 10 мг/кг, установки оборудуются

специальными отстойниками с нефтеловушками. Конденсат на сорбционные фильтры подается после отстойников. Для полного отделения нефтепродуктов продолжительность отстоя должна быть не менее 3 ч. Обычно предусматривается установка не менее двух отстойников, заполняемых поочередно; каждый рассчитан на номинальный 3-часовой расход конденсата.

Применение флотации в схемах очистки конденсата рекомендуется лишь в отдельных случаях, при повышенном загрязнении нефтепродуктами, когда отказ от приема такого конденсата связан с большими экономическими потерями.

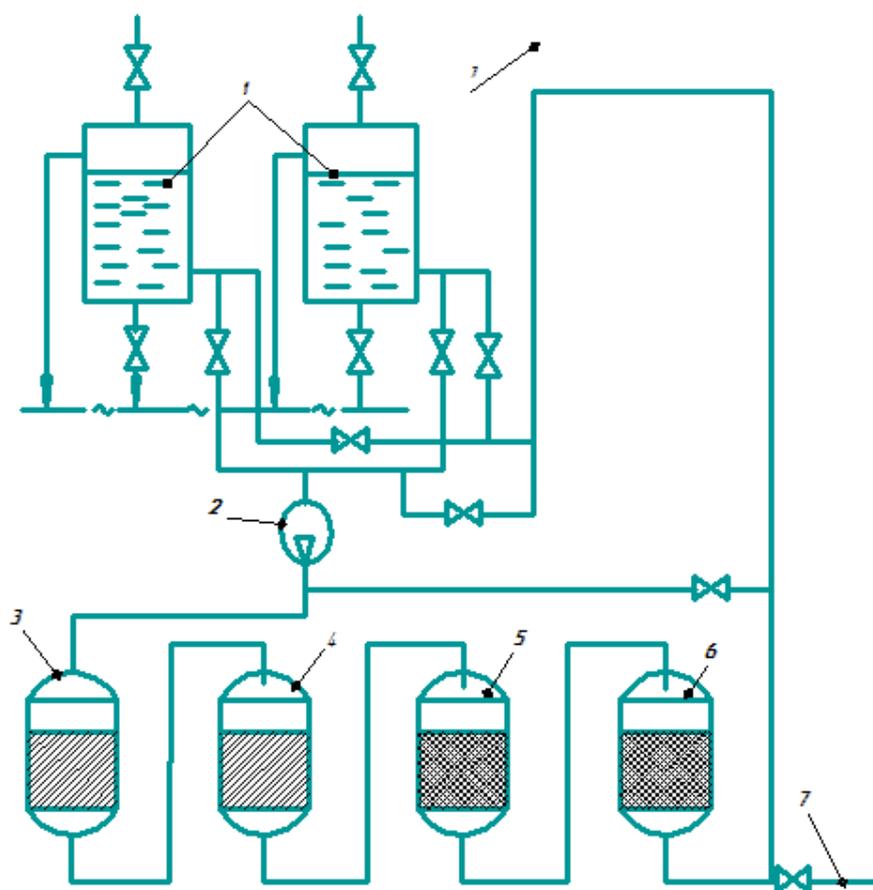
В сорбционных фильтрах для очистки конденсата применяют обычно малозольный древесный активированный уголь марок БАУ и ДАК. Конструктивно сорбционные фильтры практически не отличаются от типовых ионитных и механических фильтров. Высота заполнения фильтра активированным углем обычно не превышает 1,5—2 м., расчетная «маслоемкость» активированного угля в фильтре составляет примерно 40 кг/м<sup>3</sup>. Расчетная продолжительность рабочего цикла фильтра I степени при исходном содержании нефтепродуктов в конденсате 10 мг/кг, скорости фильтрования 6—8 м/ч и высоте загрузки 2 м составит около 1000 ч. При этом можно применять производственный конденсат с температурой 100 °С.

### **3.2. Обезжелезивание и обессоливание производственного конденсата.**

Установка очистки производственных конденсатов от *железа и* минеральных солей состоит из бака-сборника конденсата, фильтров механической и ионитной очистки. С помощью механической очистки осуществляют обезжелезивание в основном конденсата с эффективностью примерно 50%. На ионитных фильтрах происходит дальнейшее снижение содержания железа. В качестве фильтрующего материала для обезжелезивания могут быть использованы антрацит, активированный уголь или катионит. Если *на* очистку подается конденсат после обезмасливания у потребителя, то механический фильтр, загруженный активированным углем или антрацитом, совмещает функции обезжелезивания и барьерного по улавливанию проскоков масел. Если по технологии использования пара конденсат не загрязняется нефтепродуктами, то механический фильтр, заполненный катионитом КУ-2, совмещает функции обезжелезивания и катионирования. **Работу механического фильтра контролируют по**

содержанию железа в фильтрате и перепаду давления. По окончании рабочего цикла проводят регенерационную отмывку материала в выносном фильтре-регенераторе. Эффективность отмывки фильтрующего материала от загрязнений существенно повышается ультразвуковой обработкой. Если механический фильтр загружен катионитом КУ-2, то после отмывки от механических загрязнений его обрабатывают 3—5%-ным раствором серной кислоты. Расход 100%-ной кислоты 80 кг/м<sup>3</sup> катионита.

Производственные конденсаты освобождают от минеральных солей на одноступенчатом Н—ОН-ионировании. В Н-катионитных фильтрах используют катионит КУ-2, в ОН-анионитных АВ-17; высота загрузки ионитов в фильтрах 1,5 м. Регенерируют иониты в выносном фильтре-регенераторе. Расход 100%-ного NaOH на регенерацию анионита 80 кг/м<sup>3</sup>.



**Рис. 3. Схема очистки производственного конденсата:**

1— баки производственного конденсата; 2 — насос производственного конденсата; 3,4 — осветлительные фильтры; 5 — водородный фильтр; 6— анионитовый фильтр; 7-8-очищенный конденсат в цикл блоков.

## Глава 4. Расчетная часть

### 4.1. Расчет оборудования установки очистки производственного конденсата производительностью 50т/ч

#### Расчет анионитового фильтра

1. Требуемая площадь фильтрования при скорости  $w = 20$  м/ч:

$$F = Q/w = 50/20 = 2,5, \text{ м}^2$$

2. Число фильтров (в работе + регенерации), шт:  $n = n_+ + n_p = 2 + 1 = 3$

3. Площадь одного фильтра  $f = F / n = 2,5 / 1 = 2,5, \text{ м}^2$ ;

4. Характеристика стандартного фильтра:

а) высота слоя загрузочного материала :  $h_{сл} = 1,5$  м;

б) площадь фильтрования  $f_{ф.} = 1,77 \text{ м}^2$ ;

в) диаметр фильтра  $d_{ф} = 2000$  мм .

5. Действительная скорость фильтрования,:

$$w_d = Q / f \cdot n = 50 / 1,77 \cdot 2 = 14,1, \text{ м/ч}$$

6. Рабочая обменная способность анионита АВ-17  $E_p = 100$  г-экв/м<sup>3</sup>

7. Продолжительность фильтроцикла:

$$T + \tau_{рег} = f \cdot n \cdot E_p \cdot h / Q \cdot C_{анион} = 1,77 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 1,5 / 50 \cdot (0,1 + 0,02) = 48,3, \text{ ч.}$$

8. Суточное число регенераций всех фильтров:

$$m = 24 \cdot n / (T + \tau_{рег}) = 24 \cdot 2 / 48,3 = 0,99$$

9. Расход 100%-ной щелочи на одну регенерацию фильтра при удельном ее

расходе  $b = 100$  кг/ м<sup>3</sup> :

$$\sigma^{100} = f \cdot h \cdot b = 1,77 \cdot 1,5 \cdot 100 = 265,5, \text{ кг/рег}$$

10. Суточный расход 100%-ного реагента:  $\sigma_{сут}^{100} = \sigma^{100} \cdot m = 265,5 \cdot 0,99 = 262,8,$

кг/сутки

11. Расход воды на регенерацию анионитного фильтра складывается из:

а) расхода воды на взрыхляющую промывку фильтра при удельном расходе воды

$i = 2,8 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$  и времени  $\tau_{\text{взр}} = 20 \text{ мин}$ :

$$V_{\text{взр}} = i \cdot f \cdot 60 \cdot \tau_{\text{взр}} / 1000 = 2,8 \cdot 1,77 \cdot 60 \cdot 20 / 1000 = 5,9, \text{ м}^3$$

б) расхода воды на приготовление регенерационного 4 %-ного раствора реагента:

$$V_{\text{р.р.}} = \sigma^{100} \cdot 100 / C_{\text{р.р.}} \cdot 1000 = 265,5 \cdot 100 / 4 \cdot 1000 = 6,6, \text{ м}^3$$

в) расхода воды на отмывку анионита от продуктов регенерации при удельном расходе воды  $\alpha_{\text{отм}} = 9 \text{ м}^3 / \text{м}^3$  :

$$V_{\text{отм}} = \alpha_{\text{отм}} \cdot f \cdot h = 1,77 \cdot 1,5 \cdot 9 = 23,9, \text{ м}^3$$

г) Суммарный расход воды на регенерацию фильтра:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{взр}} + V_{\text{р.р.}} + V_{\text{отм}} = 5,9 + 6,6 + 23,9 = 36,4 \text{ м}^3$$

12. Часовой расход воды на собственные нужды:

$$q_{\text{с.н.}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24 = 36,4 \cdot 0,99 / 24 = 1,6, \text{ м}^3/\text{ч}$$

13. Время пропуска регенерационного раствора при скорости, равной  $w_{\text{р.р.}} = 5 \text{ м}/\text{ч}$ :

$$\tau_{\text{р.р.}} = V_{\text{р.р.}} \cdot 60 / w_{\text{р.р.}} \cdot f = 6,6 \cdot 60 / 5 \cdot 1,77 = 44,7 \text{ мин}$$

14. Время пропуска отмывочного раствора при скорости, равной  $w_{\text{отм}} = 5 \text{ м}/\text{ч}$

$$\tau_{\text{отм}} = V_{\text{отм}} \cdot 60 / w_{\text{отм.}} \cdot f = 23,9 \cdot 60 / 5 \cdot 1,77 = 162 \text{ мин}$$

15. Суммарное время регенерации фильтра:

$$\tau_{\text{рег}} = \tau_{\text{взр}} + \tau_{\text{р.р.}} + \tau_{\text{отм}} = 20 + 44,7 + 162 = 224,7 \text{ мин} = 3,7 \text{ ч}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Обозначение	Расчет											
1														
2	Производительность анодного фильтра, (л/ч)	$A_0$												
3	$Q=Q_0$ (л/ч)	$Q$	50											
4	Требуемая площадь фильтрования, (л <sup>2</sup> )	$F$	2,5											
5	при скорости, (л/ч)	$w$	20											
6	Число фильтров (в работе + регенерации), шт.	$n$	3											
7	работе, (шт)	$n_1$	2											
8	регенерации, (шт)	$n_2$	1											
9	Площадь одного фильтра, (л <sup>2</sup> )	$f$	2,5											
10	Характеристика стандартного фильтра:													
11	а) высота слоя загрузки материала, (л)	$h_0$	1,5											
12	б) площадь фильтрования, (л <sup>2</sup> )	$f_0$	1,77											
13	в) диаметр фильтра, (мм)	$d_0$	2000											
14	Действительная скорость фильтрования, (л/ч)	$w_0$	14,1											
15	Рабочая обменная способность анодита АВ-17 (г-экв/л <sup>2</sup> )	$E_p$	100											
16	Продолжительность фильтроцикла, (ч)	$T + \tau_{reg}$	88,5											
17	Суточное число регенераций всех фильтров,	$m$	0,54											
18	Расход 100%-ной щелочи на одну регенерацию фильтра, (кг/фег)	$\sigma^{100}$	265,5											
19	при удельном ее расходе, (кг/л <sup>2</sup> )	$b$	100											
20	Суточный расход 100%-ного реагента, (кг/сутки)	$\sigma^{100}_{(сут)}$	144											
21	Расход воды на регенерацию анодного фильтра складывается из:													
22	а) расхода воды на промывание промывку фильтра, (л <sup>2</sup> )	$V_{пр}$	5,95											
23	удельном расходе воды, (л/л <sup>2</sup> · сек)	$i$	2,8											
24	времени, (мин)	$\tau_{пр}$	20											
25	б) расхода воды на приготовление регенерационного 4 %-ного раствора реагента, (л <sup>2</sup> )	$V_{р.р.}$	6,64											
26	в) расхода воды на отмывку анодита от продуктов регенерации, (л <sup>2</sup> )	$V_{отм}$	23,90											
27	при удельном расходе воды, (л <sup>3</sup> /л <sup>2</sup> )	$\alpha_{отм}$	9											
28	г) Суточный расход воды на регенерацию фильтра, (л <sup>2</sup> )	$V_{г.}$	36,48											
29	Часовой расход воды на собственные нужды, (л <sup>2</sup> /ч)	$Q_{с.н.}$	0,82											
30	Время пропуск регенерационного раствора, (мин)	$\tau_{г.р.}$	45											
31	при скорости, (л/ч)	$w_{г.р.}$	5											
32	Время пропуск отмывочного раствора, (мин)	$\tau_{отм.}$	162											

## Расчет катионитого фильтра

Расчетная производительность фильтра -  $N_{\text{ц}}$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$Q = Q_{\text{н}} + q_{\text{с.н}} \cdot V = 50 + 1,6 = 51,6 \text{ , м}^3/\text{ч}$$

1. Требуемая площадь фильтрования при скорости 40 м/ч:

$$F = Q/w = 51,6 / 40 = 1,29 \text{ , м}^2$$

2. Площадь одного фильтра:  $f = F / n = 1,29 / 1 = 1,29 \text{ м}^2$ ;

3. Число фильтров ( в работе + регенерации ), шт:  $n = n + n_{\text{р}} = 1 + 1 = 2$

4. Характеристика стандартного фильтра:

а) высота слоя загрузочного материала катионита КУ-2-8:  $h_{\text{сл}} = 1,5 \text{ м}$ ;

б) площадь фильтрования  $f = 1,77 \text{ м}^2$ ;

в) диаметр фильтра  $d = 2000 \text{ мм}$  .

5. Действительная скорость фильтрования, м/ч:

$$w_{\text{д}} = Q_{\text{y}} / f \cdot n = 51,6 / 1,77 \cdot 1 = 29,2$$

6. Рабочая обменная способность катионита КУ-2-8:  $E_{\text{р}} = 400 \text{ г-экв/м}^3$

7. Продолжительность фильтроцикла:

$$T + \tau_{\text{рег}} = f \cdot n \cdot E_{\text{р}} \cdot h / Q \cdot C_{\text{катион}} = 1,77 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 1,5 / 51,6 \cdot (0,1 + 0,02) = 171,5 \text{ ч.}$$

8. Суточное число регенераций всех фильтров:

$$m = 24 \cdot n / T + \tau_{\text{рег}} = 24 \cdot 1 / 171,5 = 0,14$$

9. Расход 100%-ной кислоты на одну регенерацию фильтра при удельном ее расходе  $b = 60 \text{ кг/м}^3$  :

$$\sigma^{100} = f \cdot h \cdot b = 1,77 \cdot 1,5 \cdot 60 = 159,3 \text{ кг/рег}$$

10. Суточный расход 100%-ного реагента:

$$\sigma_{\text{сут}}^{100} = \sigma^{100} \cdot m = 159,3 \cdot 0,14 = 22,3 \text{ кг/сутки}$$

11. Расход воды на регенерацию фильтра складывается из:

а) расхода воды на взрыхляющую промывку фильтра при удельном расходе воды  $i = 3,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$  и времени  $\tau_{\text{взр}} = 20 \text{ мин}$ :

$$V_{\text{взр}} = i \cdot f \cdot 60 \cdot \tau_{\text{взр}} / 1000 = 3 \cdot 1,77 \cdot 60 \cdot 20 / 1000 = 6,4 \text{ м}^3$$

б) расхода воды на приготовление регенерационного 3 %-ного раствора кислоты:

$$V_{\text{р.р.}} = \sigma^{100} \cdot 100 / C_{\text{р.р.}} \cdot 1000 = 159,3 \cdot 100 / 3 \cdot 1000 = 5,3 \text{ м}^3$$

в) расхода воды на отмывку катионита от продуктов регенерации при удельном расходе воды  $\alpha_{\text{отм}} = 5 \text{ м}^3 / \text{м}^3$  :

$$V_{\text{отм}} = \alpha_{\text{отм}} \cdot f \cdot h = 5 \cdot 1,77 \cdot 1,5 = 13,3 \text{ м}^3$$

г) Суммарный расход воды на регенерацию фильтра:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{взр}} + V_{\text{р.р.}} + V_{\text{отм}} = 6,4 + 5,3 + 13,3 = 25,0 \text{ м}^3 / \text{рег}$$

12. Часовой расход воды на собственные нужды:

$$q_{\text{с.н.}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24 = 25 \cdot 0,14 / 24 = 0,15 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

13. Время пропуска регенерационного раствора при скорости пропуска, равной  $w_{\text{р.р.}} = 10 \text{ м}/\text{ч}$ :

$$\tau_{\text{р.р.}} = V_{\text{р.р.}} \cdot 60 / w_{\text{р.р.}} \cdot f = 5,3 \cdot 60 / 10 \cdot 1,77 = 18,0 \text{ мин}$$

14. Время пропуска отмывочного раствора при скорости , равной  $w_{\text{отм}} = 8 \text{ м}/\text{ч}$

$$\tau_{\text{отм}} = V_{\text{отм}} \cdot 60 / w_{\text{отм.}} \cdot f = 13,3 \cdot 60 / 8 \cdot 1,77 = 56,4 \text{ , мин}$$

15. Суммарное время регенерации фильтра:

$$\tau_{\text{рег}} = \tau_{\text{взр}} + \tau_{\text{р.р.}} + \tau_{\text{отм}} = 20 + 18 + 56,4 = 94,4 \text{ мин} = 1,6 \text{ ч}$$

### Расчет механического фильтра

1. Расчетная производительность механического фильтра,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q = Q_{\text{МФ}} + q_{\text{с.н.}}^{\text{НП}} = 51,6 + 0,15 = 51,75 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

2. Скорость фильтрования,  $\text{м}/\text{ч}$

$$\omega = 10 \text{ м}/\text{ч}$$

3. Требуемая площадь фильтрования, м<sup>2</sup>

$$F = \frac{Q_{cm}}{\omega} = \frac{52}{10} = 5,02 \text{ м}^2$$

4. Число фильтров (в работе + регенерации), шт

n=5 шт

5. Площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>

$$f = \frac{F}{n} = \frac{5}{5} = 1,0 \text{ м}^2$$

6. Характеристика стандартного фильтра, м/м<sup>2</sup>

$$d/f = 3/1,0$$

7. Действительная скорость фильтрования, м/ч 6 м/ч

$$\omega_d = \frac{Q_{cm}}{f \cdot n} = \frac{50}{1 \cdot 5} = 10 \text{ м/ч}$$

8. Тип загруженного материала

Активированный уголь БАУ

9. Рабочая емкость, кг/м<sup>3</sup>

E<sub>p</sub>=40

10. Принимаемая высота слоя, м

h<sub>сл</sub>= 2м

11. Продолжительность фильтроцикла, ч

$$T + \tau_{\Sigma} = \frac{(f \cdot h_{сл} \cdot E_p \cdot n) \cdot 2}{Q_{cm} \cdot C} = \frac{(1 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 5) \cdot 2}{50 \cdot 0,01} = 1600 \text{ ч}$$

12. Суточное число регенераций всех фильтров, рег/сут

$$m = \frac{24n}{(T + \tau_{\Sigma})} = \frac{24 \cdot 5}{1600} = 0,075 \text{ рег/сут}$$

13. Удельный расход 100 %-ного реагента, кг/м<sup>3</sup>

\_\_\_\_\_

14. Расход реагента на регенерацию, кг

\_\_\_\_\_

15. Суточный расход реагента, кг

\_\_\_\_\_

16. Удельный расход воды на взрыхление фильтра,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$

$$i = 12 \text{ кг} / \text{м}^2$$

17. Время взрыхления фильтра, мин

$$\phi_{\text{взр}} = 15 \text{ мин}$$

18. Расход воды на взрыхление, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{взр}} = \frac{f \cdot i \cdot \tau_{\text{взр}} \cdot 60}{1000} = \frac{1 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 11 \text{ м}^3$$

19. Концентрация регенерационного раствора, %

\_\_\_\_\_

20. Расход воды на приготовление регенерационного раствора, м<sup>3</sup>

\_\_\_\_\_

21. Удельный расход воды на отмывку, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>

$$a = 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

22. Расход воды на отмывку, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{отм}} = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot a = 1 \cdot 2 \cdot 5 = 10 \text{ м}^3$$

23. Суммарный расход воды на регенерацию, м<sup>3</sup>/рег

$$V_{\Sigma} = V_{\text{взр}} + V_{\text{отм}} = 11 + 10 = 21 \text{ м}^3 / \text{рег}$$

24. Часовой расход воды на собственные нужды, м<sup>3</sup>/ч

$$q_{\text{см}}^{\text{с.н}} = \frac{V_{\Sigma} \cdot t}{24} = \frac{21 \cdot 0,075}{24} = 0,065 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

25. Скорость пропуска регенерационного раствора, м/ч

\_\_\_\_\_

26. Время пропуска регенерационного раствора, мин

\_\_\_\_\_

27. Скорость отмывки, м/ч

$$\omega_{\text{отм}} = 8 \text{ м} / \text{ч}$$

28. Время отмывки, мин

$$\tau_{\text{отм}} = \frac{V_{\text{отм}} \cdot 60}{f \cdot \omega_{\text{отм}}} = \frac{10 \cdot 60}{1 \cdot 8} = 300 \text{ мин}$$

29. Суммарный время регенерационного фильтра, мин

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{\text{взр}} + \tau_{\text{отм}} = 15 + 300 = 315 \text{ мин}$$

При очистке производственного конденсата необходимо учитывать собственные нужды оборудования установки очистки производственного конденсата.

$$G = 53 \text{ т/ч} = 14,7 \text{ кг/с}$$

#### 4.2. Расчет расхода тепла при очистке производственного конденсата

При эксплуатации механического фильтра применяют производственный конденсат с температурой 100 °С. На ионитовые фильтры вода подается до 40 °С во избежание пептизации и старения ионитов.

В зимнее время температура окружающей среды 5 °С, летом - 15 °С.

$$\text{Расход тепла: } Q = G C_p (t_1 - t_2), \text{ кВт.}$$

$$\text{Теплоемкость воды: } C_p = 4,19 \text{ кДж/кгс}$$

$$1. Q = G C_p (t_1 - t_2) = 14,7 \cdot 4,19 (100 - 40) = 3695,5$$

$$2. Q = G C_p (t_1 - t_2) = 14,7 \cdot 4,19 (40 - 15) = 1539,8 \text{ - летом}$$

$$3. Q = G C_p (t_1 - t_2) = 14,7 \cdot 4,19 (40 - 5) = 2155,7 \text{ - зимой}$$

## Глава 5. Экономика

### Инвестиции в производство

1. Оплата труда на заработную плату штатного персонала -  $K_3$  (рассчитывают по табл. штата ХВО):

$$K_3 = 0,16 \cdot 10^{12} \text{ сум}$$

2. Затраты на приобретение оборудования —  $K_{об}$

$$K_{об} = 20 \cdot 10^{12} \text{ сум}$$

3. Затраты на монтаж оборудования -  $K_{м.об}$ :

$$K_{м.об} = 0,25 \cdot K_{об} = 0,25 \cdot 20 \cdot 10^{12} = 5 \cdot 10^{12}, \text{ сум.}$$

4. Затраты на приобретение и монтаж трубопроводов:

$$K_{тр} = 0,35 \cdot (K_{об} + K_{м.об}) = 0,35 (20 \cdot 10^{12} + 5 \cdot 10^{12}) = 8,7 \cdot 10^{12}$$

5. Затраты на кислотостойкие покрытия -  $K_{кп}$ :

$$K_{кп} = 0,025 \cdot K_{об} = 0,025 \cdot 20 \cdot 10^{12} = 0,5 \cdot 10^{12}, \text{ сум}$$

6. Затраты на приобретение и монтаж контрольно-измерительных приборов -  $K_{кип}$

$$K_{кип} = 0,25 \cdot K_{об}, \text{ сум}$$

$$K_{кип} = 0,25 \cdot 20 \cdot 10^{12} = 5 \cdot 10^{12} \text{ сум}$$

7. Затраты на транспорт и начисления -  $K_{тн}$

$$K_{тн} = 0,1(K_{об} + K_{м.об} + K_{тр} + K_{кп} + K_{фм} - K_{кип}) = 0,484 \cdot K_{об} + 0,25 (K_{кп} + K_{фм}), \text{ сум}$$

$$K_{тн} = 9,68 \cdot 10^{12} + 1,6 \cdot 10^{12} - 10,3 \cdot 10^{12}, \text{ сум}$$

8. Затраты на непредвиденные работы и временные сооружения -  $K_{вс}$

$$K_{вс} = 0,194 \cdot K_{об} + 0,1(K_{кп} + K_{фм}), \text{ сум}$$

$$K_{BC} = 0,194 \cdot 20 \cdot 10^9 + 0,1 (0,5 \cdot 10^9 + 6 \cdot 10^9), \text{ сум}$$

$$K_{BC} = 3,88 \cdot 10^9 + 0,65 \cdot 10^9 = 5 \cdot 10^9, \text{ сум}$$

### Штат персонала цеха.

Таблица.

№ п/п	Долж-	ИТР, Рабо-чий	Числ смен	Количество		Заработанная штата, сум $10^4$	Заработанная штатов за 1 мес, сум $\cdot 10^4$
				В смену	В сею		
1	Начальник	ИТР	1		1	10	10
2	Зам.нач.	ИТР	1		1	8	8
3	Нач. смены	ИТР	3	;	3	8	24
4	Нач. лабор.	ИТР	.1	:	1	8	8
5	Старший	Рабочий	3		4	5	20
6	Дежурный	Рабочий	3		4	4	16
7	Ст. техник	Рабочий	3		1	8	8
8	Лаборант	Рабочий	3	2	5	8	40
9	Слесарь	Рабочий	3		3	4	12
10	Деж. слесарь	Рабочий	3		3	6	18
11	Уборщица	Рабочий	1	1	1	4	4
12	Рабочий по	Рабочий	1	1	1	5	5
Итого					28		

## Глава 6. Экология

### Защита от шума, инфразвука и вибраций

#### Нормирование шума

Для успешного решения проблемы защиты окружающей среды от шума необходимо знать допустимые уровни шума. В соответствии с Санитарными нормами № 3077—84 допустимого шума в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки шум промышленных предприятий, технологических установок, транспортных средств и т. п. не должен превышать уровней.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются *уровни звукового давления (УЗД)  $L$ , дБ*, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, или *уровни звука  $L_A$ , дБА*, а непостоянного — *эквивалентные уровни звук  $L_A$  экв, дБА* и *максимальные уровни звука  $L_{Amax}$ , дБА*.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука  $L_{Aэкв}$  непостоянного шума— уровень звука постоянного широкополосного шума, имеющий то же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени. Максимальный уровень звука  $L_{Amax}$  — уровень звука, соответствующий максимальному показанию шумомера в течение 1 % времени измерения.

Величину  $L_{Aэкв}$  измеряют специальными шумомерами или рассчитывают по результатам измерения уровней звука в течение наиболее шумных 1/2 ч. При этом уровни звука непрерывно записывают на ленте самописца или считывают с показаний шумомера через ~5 с. Измеренные уровни разбивают на классы с диапазоном 5 дБА. Каждый класс характеризуется средним значением  $L_i$ . Например, к классу  $L_i = 40$  дБА относят все измеренные уровни от 38 до 42 дБА, к классу 45 дБА — уровни от 43 до 48 дБА и т. д. Эквивалентный уровень звука рассчитывают по формуле

$$L_{Aэкв} = 10 \lg \left( \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n t_i 10^{0,1L_i} \right),$$

где  $L_j$  — уровень звука класса г, дБА;  $U$  — относительное время воздействия шума класса  $L_j$ , %, от времени измерения.

### Акустический расчет, средства и методы защиты от шума

При разработке средств защиты от шума прежде всего следует выяснить его вид, поскольку необходимое снижение шума можно достигнуть только при правильном выборе этих средств. Различают два вида шумов — *воздушный* и *структурный*. Воздушный шум распространяется в воздухе от источника возникновения до места наблюдения, структурный шум излучается поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот 20 — 20 000 Гц. Рис. 1 иллюстрирует пути проникновения воздушного и структурного шумов в здание при нахождении его источников как снаружи, так и внутри здания. От наружного источника 1 воздушный шум проникает в помещения через закрытые или открытые окна, форточки, а также стены (в меньшей степени); вибрации передаются по грунту или трубопроводам, идущим к строительным конструкциям, колебания которых вызывает появление структурного шума. От внутреннего источника 2 воздушный шум попадает в помещения через стены и перекрытия, воздуховоды, а также через проемы, щели и т. п.; вибрации передаются основанию, трубопроводам насосных и воздуховодам вентиляторных установок, вызывая возникновения структурного шума.

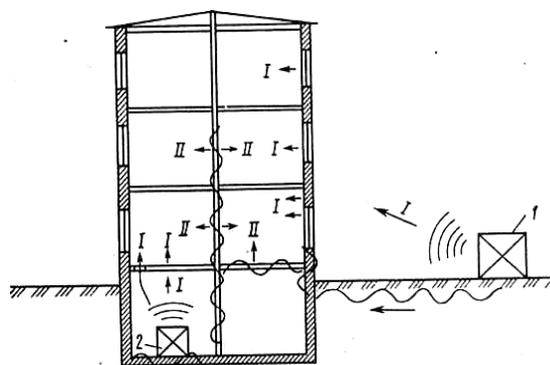


Рис. 1. Пути проникновения шума:

**/ — воздушный шум; // — структурный шум; 1, 2 — источник шума и вибраций**

## Источники шума и их шумовые характеристики

В зависимости от физической природы шумы могут быть:

- механического происхождения, возникающие при вибрации поверхностей машин и оборудования, а также при одиночных или периодических ударах в сочленениях деталей или конструкциях в целом;
- аэродинамического происхождения, возникающие вследствие происходящих в газах процессов (вихревые процессы, колебания рабочей среды, вызываемые вращением лопаточных колес, пульсации давления при движении в воздухе тел с большими скоростями; истечение сжатого воздуха, пара или газа и др.);
- электромагнитного происхождения, возникающие вследствие колебаний элементов (ротора, статора, сердечника, трансформатора и др.) электромеханических устройств под действием переменных магнитных полей;
- гидродинамического происхождения, возникающие вследствие происходящих в жидкостях процессов (гидравлические удары, кавитация, турбулентность потока и др.).

В условиях эксплуатации, как правило, несложно определить, какой именно источник вызывает повышенный шум. Если, например, в жилой дом проникает шум от одновременно работающих компрессорной и вентиляторной установок рядом расположенного предприятия, то последовательным выключением этих установок и изменением шума каждой из них можно выявить основной источник шума.

Для выполнения акустического расчета прежде всего необходимо знать основные шумовые характеристики машин: *уровни звуковой мощности (УЗМ)  $L_P$*  на стандартных среднегеометрических частотах октавных полос ( $L_P = 10 \lg P/P_0$ , где  $P$  — звуковая мощность источника, Вт;  $P_0$  — исходное значение мощности, равное 10~12 Вт) и *показатель направленности излучения шума  $G$ , дБ  $G = 10 \lg \Phi$* ). Шумовые характеристики, определяемые в соответствии с ГОСТ 12.1.024—81, ГОСТ 12.1.025—81 и др., приводятся заводом-изготовителем в технической документации на стационарные машины и оборудование.

Для таких распространенных источников шума, как вентиляторные, компрессорные, газотурбинные и другие аэрогазодинамические установки,

шумовые характеристики могут быть рассчитаны или определены по справочной литературе.

### **Методы и средства защиты от вибраций**

Для исключения воздействия вибраций на окружающую среду необходимо принимать меры по их снижению, прежде всего в источнике возникновения или, если это невозможно, на путях распространения.

Снижение вибраций в источнике производится как на этапе проектирования, так и при эксплуатации. При создании машин и технологического оборудования предпочтение должно отдаваться кинематическим и технологическим схемам, исключая или предельно снижающим динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п.

Причиной низкочастотных вибраций насосов, компрессоров, двигателей является дисбаланс вращающихся элементов (роторов), вызванный неоднородностью материала конструкции (литейные раковины, шлаковые включения) и неравномерностью его плотности, несимметричным распределением вращающихся масс (начальное искривление валов и роторов), нарушением указанной симметрии крепежными соединениями, неправильным выбором допусков на обработку и рода посадок, а также различием коэффициентов объемного расширения или износостойкости отдельных элементов вращающейся системы. Во всех случаях смещение центра масс относительно оси вращения приводит к возникновению неуравновешенной центробежной силы. Действие неуравновешенных динамических сил усугубляется плохим креплением деталей, их износом в процессе эксплуатации.

Для снижения уровня вибраций, возникающих из-за дисбаланса оборудования при монтаже и эксплуатации, должна применяться балансировка неуравновешенных роторов колес лопаточных машин, валов двигателей и т. п.

В процессе эксплуатации технологического оборудования должны приниматься меры к устранению излишних люфтов и зазоров, что обеспечивается периодическим освидетельствованием источников вибрации—машин и механизмов.

Весьма эффективный метод снижения вибрации в источнике — исключение резонансных режимов работы оборудования. В этом случае даже при малых значениях дисбаланса и относительно небольших возбуждающих воздействиях уровень вибрационных параметров резко возрастает. Для снижения уровня производственных вибраций важно исключить резонансные режимы работы технологического оборудования. При проектировании это достигается выбором рабочих режимов с учетом собственных частот машин и механизмов. В процессе эксплуатации возможно уменьшить жесткость агрегатов, а в некоторых случаях и их массы, что приводит к изменению значения собственных частот. Возможно изменение рабочих режимов оборудования. Все это следует учитывать, если машины и механизмы в процессе эксплуатации со временем становятся источником вибраций.

Если не удастся снизить вибрации в источнике возникновения, то применяют методы снижения вибраций на путях распространения, это виброгашение, виброизоляция или вибродемпфирование.

**Виброгашение.** Использование этого метода связано с увеличением реактивной части импеданса колебательной системы. Виброгашение реализуется при увеличении эффективной жесткости и массы корпуса машин или станин станков за счет их объединения в единую замкнутую систему с фундаментом с помощью анкерных болтов или цементной подливки. С этой же целью относительно малогабаритное инженерное оборудование жилых зданий (вентиляторы, насосы) устанавливают на опорные плиты и виброгасящие основания. Следует иметь в виду, что колебания сварных фундаментов в  $\sim 2$  раза ниже, чем ленточных. Расчет фундаментных блоков производят по специальным методикам. Проектирование оснований зданий и сооружений ведут в соответствии с руководством.

Определение амплитуд вынужденных и свободных колебаний фундамента производят в соответствии с указаниями СНиП.

## Защита от инфразвука и вибраций

**Нормирование инфразвука** в окружающей среде производят по санитарным нормам СанНиП 42-128-4948—89.

Нормируемыми параметрами постоянного инфразвука на территории жилой застройки являются уровни звукового давления  $L$ , значения которых в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16; 31,5 Гц не должны превышать 90 дБ, а в 1/3-октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40 Гц, уровни звукового давления не должны превышать 80 дБ (внутри здания уровень инфразвука не нормируется).

Нормируемыми параметрами непостоянного инфразвука являются эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления  $L$  в октавных или 1/3-октавных полосах со среднегеометрическими частотами, указанными выше.

Средства защиты от инфразвука в значительной мере отличаются от применяемых для борьбы с шумом. Это связано с особенностями физических характеристик инфразвуковых колебаний, в частности со значительно большей длиной, волн инфразвука по сравнению с размером препятствий на пути их распространения.

Снижение интенсивности инфразвука может быть достигнуто изменением режима работы устройства или его конструкции; звукоизоляцией источника; поглощением звуковой энергии при помощи глушителей шума интерференционного, камерного, резонансного и динамического типов, а также за счет использования механического преобразователя частоты.

Защита от вредного воздействия инфразвука расстоянием малоэффективна, так как поглощение в нижних слоях атмосферы инфразвуковых колебаний с частотой ниже 10 Гц не превышает  $8 \cdot 10^{-6}$  дБ/км.

Борьбу с инфразвуком в источнике его возникновения необходимо вести, прежде всего, в направлении изменения режима работы технологического оборудования (например, увеличение числа рабочих ходов  $n$  кузнечно-прессовых машин), чтобы основная частота следования силовых импульсов  $f=n/60$  лежала за

пределами инфразвукового диапазона. Одновременно должны приниматься меры по снижению интенсивности аэродинамических процессов, в частности по ограничению скоростей движения транспорта и уменьшению скоростей истечения паров и газов сжатого воздуха в атмосферу. При выборе конструкции предпочтение отдают малогабаритным машинам достаточной жесткости, поскольку в конструкциях с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука.

Для уменьшения инфразвуковых колебаний целесообразно использовать глушители шума, что является наиболее простым способом уменьшения уровня инфразвуковых составляющих шума всасывания и выхлопа стационарных дизельных и компрессорных установок, ДВС и турбин.

Применение глушителей интерференционного типа более эффективно, когда требуется заглушить одну или несколько дискретных составляющих в спектре инфразвука, особенно в случае его распространения по каналам.

Глушители камерного или резонансного типа работают на тех же принципах, что и аналогичные глушители шума. Однако в случае инфразвуковых колебаний они должны иметь весьма большой объем расширительной камеры, или резонансной полости.

Механический преобразователь частоты инфразвуковых колебаний, основанный на амплитудной модуляции звуковых колебаний, применяют для защиты от инфразвука, распространяющегося по закрытому каналу, например в выхлопных трубах ДВС, аэродинамических трубах при испытаниях авиационных двигателей. Модуляция инфразвуковых колебаний осуществляется посредством аэродинамического преобразователя (например, ультразвуковой сирены), установленного по пути распространения инфразвуковых волн. Это позволяет преобразовывать инфразвуковые колебания в менее опасные ультразвуковые. Амплитуда несущего колебания может быть изменена соответствующим изменением частот модулирующего сигнала во времени.

Применение звукоизоляции инфразвука на практике представляет достаточно сложную инженерную задачу, так как требует весьма мощные строительные конструкции с массой одного квадратного метра не менее  $10^5$ — $10^6$  кг.

Метод звукопоглощения может быть реализован применительно к инфразвуковым колебаниям при использовании резонирующих панелей типа конструкций Бекеша, представляющих собой прямоугольные рамы, на которые крепится тонкостенная мембрана. Последняя может быть выполнена из металла, фанеры либо воздухонепроницаемой пленки (например, холста, покрытого лаком или подобным ему материалом). Монтаж указанной конструкции в помещениях с источниками инфразвука способствует поглощению его энергии. Конструкция может быть настроена на определенную частоту в спектре инфразвука.

Для повышения эффективности рассматриваемых конструкций в диапазоне более высоких частот внутренняя полость резонатора заполняется звукопоглощающим материалом, который фиксируется мелкоячеистой сеткой.

**Допустимые уровни вибрации** в жилых домах, условия и правила их измерения и оценки регламентируются «Санитарными нормами допустимых вибраций в жилых домах», утвержденными Министерством здравоохранения РУз. Эти нормы обязательны для всех министерств, ведомств и организаций, проектирующих, изготавливающих и эксплуатирующих оборудование, являющееся источником инфразвука.

## **Глава 7. Безопасность жизнедеятельности**

### **Определение и классификация производственных вредностей.**

Оценка условий труда на наличие производственных вредностей проводится на основании "Гигиенической классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса".

Исходя из принципов Гигиенической классификации, условия труда распределяют на 4 класса:

1 класс — оптимальные условия труда — такие условия, при которых сохраняется не только здоровье работающих, а создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

2 класс — допустимые условия труда — характеризуются такими уровнями факторов производственной среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются за время регламентированного отдыха или до начала следующей смены и не оказывают неблагоприятного влияния на состояние здоровья работающих и их потомство в ближайшем и отдаленном периодах.

3 класс — вредные условия труда — характеризуются наличием вредных производственных факторов, которые превышают гигиенические нормативы и способны вызвать неблагоприятное влияние на организм работающего и (или) его потомство.

4 класс — опасные (экстремальные) — условия труда, которые характеризуются такими уровнями факторов производственной среды, влияние которых в течение рабочего времени (или же ее части) создает высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений, отравлений, увечий, угрозу для жизни.

Определение общей оценки условий труда базируется на дифференцированном анализе определения условий труда для отдельных факторов производственной среды и трудового процесса. Факторы производственной среды включают: параметры микроклимата; содержание вредных веществ в воздухе

рабочей зоны; уровень шума, вибрации, инфра- и ультразвука, освещенности и т. д. Трудовой процесс определяется показателями тяжести и напряженности труда.

### **Микроклимат производственных помещений. Влияние микроклимата на организм человека**

Существенное влияние на состояние организма человека, его работоспособность оказывает микроклимат (метеорологические условия) в производственных помещениях - климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения нагретых поверхностей.

Микроклимат производственных помещений, в основном, влияет на тепловое состояние организма человека и его теплообмен с окружающей средой.

Несмотря на то, что параметры микроклимата производственных помещений могут значительно колебаться, температура тела человека остается постоянной (36,6 °С). Свойство человеческого организма поддерживать тепловой баланс называется терморегуляцией. Нормальное протекание физиологических процессов в организме возможно лишь тогда, когда выделяемое организмом тепло непрерывно отводится в окружающую среду. Отдача теплоты организмом человека во внешнюю среду происходит тремя основными способами (путями): конвекцией, излучением и испарением.

- Снижение температуры при всех других одинаковых условиях приводит к росту теплоотдачи путем конвекции и излучения и может привести к переохлаждению организма.
- При высокой температуре практически все тепло, которое выделяется, отдается в окружающую среду испарением пота.
- Если микроклимат характеризуется не только высокой температурой, но и значительной влажностью воздуха, то пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожи.

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыханию и эрозии, загрязнению болезнетворными

микробами. Вода и соли, выделяемые из организма потом, должны замещаться, поскольку их потеря приводит к сгущиванию крови и нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы.

Повышение скорости движения воздуха способствует усилению процесса теплоотдачи конвекцией и испарением пота.

Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии — состоянию, при котором температура тела повышается до 38...40 °С.

При низкой температуре, значительной скорости и влажности воздуха возникает переохлаждение организма (гипотермия). В следствие воздействия низких температур могут возникнуть холодовые травмы.

Параметры микроклимата оказывают также существенное влияние на производительность труда и на травматизм.

### **Нормализация параметров микроклимата**

Основным нормативным документом, который определяет параметры микроклимата производственных помещений является ГОСТ 12.1.005-88. Указанные параметры нормируются для рабочей зоны — пространства, ограниченного по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся рабочие места постоянного или временного пребывания работников.

В основу принципов нормирования параметров микроклимата положена дифференциальная оценка оптимальных и допустимых метеорологических условий в рабочей зоне в зависимости от тепловой характеристики производственного помещения, категории работ по степени тяжести и периода года.

Оптимальными (комфортными) считаются такие условия, при которых имеют место наивысшая работоспособность и хорошее самочувствие. Допустимые микроклиматические условия предусматривают возможность напряженной работы механизма терморегуляции, которая не выходит за границы возможностей организма, а также дискомфортные ощущения.

## Средства нормализации параметров микроклимата

Создание оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях является сложной задачей, решить которую можно за счет применения следующих мероприятий и средств:

Усовершенствование технологических процессов и оборудования. Внедрение новых технологий и оборудования, не связанных с необходимостью проведения работ в условиях интенсивного нагрева даст возможность уменьшить выделение тепла в производственные помещения.

Рациональное размещение технологического оборудования. Основные источники тепла желательно размещать непосредственно под аэрационным фонарем, около внешних стен здания и в один ряд на таком расстоянии друг от друга, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались на рабочих местах.

Автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами позволяют во многих случаях вывести человека из производственных зон, где действуют неблагоприятные факторы.

Рациональная вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха. Они являются наиболее распространенными способами нормализации микроклимата в производственных помещениях. Создание воздушных и водовоздушных душей широко используется в борьбе с перегревом рабочих в горячих цехах.

Рационализация режимов труда и отдыха достигается сокращением длительности рабочего времени за счет дополнительных перерывов, созданием условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями.

Применение теплоизоляции оборудования и защитных экранов. В качестве теплоизоляционных материалов широко используют: асбест, асбоцемент, минеральную вату, стеклоткань, керамзит, пенопласт.

Использование средств индивидуальной защиты. Важное значение для профилактики перегрева организма имеют индивидуальные средства защиты.

## **Промышленная пыль, вредные химические вещества и их воздействие на человека.**

Для создания нормальных условий труда необходимо обеспечить не только комфортные метеорологические условия, но и необходимую чистоту воздуха. Вследствие производственной деятельности в воздушную среду помещений могут поступать разнообразные вредные вещества, которые используются в технологических процессах. Вредными принято считать вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76).

Вредные вещества могут проникать в организм человека через органы дыхания, органы пищеварения, а также кожу и слизистые оболочки. Через дыхательные пути попадают пары, газо- и пылеобразные вещества, через кожу — преимущественно жидкие вещества. В желудочно-кишечный тракт вредные вещества попадают при заглатывании их, или при внесении в рот загрязненными руками.

В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и промышленную пыль.

Химические вещества (вредные и опасные) в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

- общетоксические, вызывающие отравление всего организма (ртуть, оксид углерода, толуол, анилин);
- раздражающие, вызывающие раздражение дыхательных путей и слизистых оболочек (хлор, аммиак, сероводород, озон);
- сенсibiliзирующие, действующие как аллергены (альдегиды, растворители и лаки на основе нитросоединений);
- канцерогенные, вызывающие раковые заболевания (ароматические углеводороды, аминсоединения, асбест);

- мутагенные, приводящие к изменению наследственной информации (свинец, радиоактивные вещества, формальдегид);
- влияющие на репродуктивную (воссоздание потомства) функцию (бензол, свинец, марганец, никотин).

Производственная пыль достаточно распространенный опасный и вредный производственный фактор. Высокие концентрации пыли характерны для горнодобывающей промышленности, машиностроения, металлургии, текстильной промышленности, сельского хозяйства.

Пыль может оказывать на человека фиброгенное воздействие, при котором в легких происходит разрастание соединительных тканей, которое нарушает нормальное строение и функцию органа. Вредность производственной пыли обусловлена ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких, в первую очередь пневмокониозы.

Существенное значение имеют также индивидуальные особенности организма человека. В связи с этим для работников, которые работают во вредных условиях проводятся обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (1 раз на 3, 6, 12 и 24 месяца, в зависимости от токсичности веществ) медицинские осмотры.

### **Защита от производственной пыли и вредных химических веществ**

Общие мероприятия и средства предупреждения загрязнения воздушной среды на производстве и защиты работающих включают:

- изъятие вредных веществ из технологических процессов, замена вредных веществ менее вредными и т. п.;
- усовершенствование технологических процессов и оборудования;
- автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами и оборудованием, исключающие непосредственный контакт работающих с вредными веществами;
- герметизация производственного оборудования, работа технологического оборудования в вентилируемых укрытиях, локализация вредных выделений за счет местной вентиляции, аспирационных установок;

- нормальное функционирование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, очистки выбросов в атмосферу;
- предварительные и периодические медицинские осмотры работающих, во вредных условиях, профилактическое питание, соблюдение правил личной гигиены;
- контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- использование средств индивидуальной защиты.

### **Вентиляция производственных помещений**

Под вентиляцией понимают систему мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологических условий и чистоты воздушной среды, соответствующих гигиеническим и техническим требованиям. Основная задача вентиляции — удалить с помещения загрязненный или нагретый воздух и подать свежий.

Вентиляция классифицируется по таким признакам:

- по способу перемещения воздуха: естественная, искусственная (механическая) и совмещенная (естественная и искусственная одновременно);
- по направлению потока воздуха: приточная, вытяжная, приточно-вытяжная;
- по месту действия: общеобменная, местная, комбинированная.

### **Естественная вентиляция**

Естественная вентиляция в помещениях происходит в результате теплового и ветрового напоров. Тепловой напор обусловлен разницей температур, а значит и плотностей внутреннего и наружного воздуха. Ветровой напор обусловлен, тем, что при обдуве ветром здания, с ее наветренной стороны образовывается повышенное давление, а с подветренной — разрежение.

Естественная вентиляция может быть неорганизованной и "организованной". Организованная естественная вентиляция называется аэрацией. Для аэрации в стенах здания делают отверстия для поступления наружного воздуха, а на крыше или в верхней части здания устанавливают специальные устройства (фонари) для удаления отработанного воздуха.

Преимуществом естественной вентиляции является ее дешевизна и простота эксплуатации. Основным ее недостатком в том, что воздух поступает в помещение без предварительной очистки, а удаляемый отработанный воздух также не очищается и загрязняет окружающую среду.

### **Искусственная вентиляция**

Искусственная (механическая) вентиляция, в отличие от естественной, предоставляет возможность очищать воздух перед его выбросом в атмосферу, улавливать вредные вещества непосредственно около мест их образования, обрабатывать приточный воздух (очищать, подогревать, увлажнять), более целенаправленно давать воздух в рабочую зону. Кроме того, механическая вентиляция позволяет организовать воздухозабор в наиболее чистой зоне территории предприятия и даже за ее пределами.

### **Местная вентиляция**

Местная вентиляция может быть приточной и вытяжной. Местная приточная вентиляция, при которой осуществляется концентрированная подача приточного воздуха заданных параметров (температуры, влажности, скорости движения), выполняется в виде воздушных душей, воздушных и воздушно-тепловых завес. Воздушные души используются для предотвращения перегрева рабочих в горячих цехах, а также для образования так называемых воздушных оазисов (участков производственной зоны, которые резко отличаются своими физико-химическими характеристиками от остального помещения),

Воздушные и воздушно-тепловые завесы предназначены для предотвращения проникновения в помещения значительных масс холодного наружного воздуха при необходимости частого открывания дверей или ворот. Воздушная завеса создается струей воздуха, которая направляется из узкой длинной щели, под некоторым углом навстречу потоку холодного воздуха.

Местная вытяжная вентиляция осуществляется при помощи местных вытяжных зонтов, всасывающих панелей, вытяжных шкафов, бортовых отсосов и других устройств.

Конструкция местного отсоса должна обеспечить максимальное улавливание вредных выделений при минимальном количестве удаляемого воздуха. Кроме того, она не должна быть громоздкой и мешать обслуживающему персоналу работать и следить за технологическим процессом. Основными факторами при выборе типа местного отсоса являются характеристика вредных выделений (температура, плотность паров, токсичность), положение рабочего при выполнении работы, особенности технологического процесса и оборудования.

Естественная и искусственная вентиляции должны отвечать следующим санитарно-гигиеническим требованиям:

- создавать в рабочей зоне помещений соответствующие нормам метеорологические условия труда (температуру, влажность и скорость движения воздуха);
- полностью удалять из помещений вредные газы, пары, пыль и аэрозоли или растворять их до предельно допустимых концентраций;
- не вносить в помещение загрязненный воздух снаружи или путем засасывания из смежных помещений;
- не создавать на рабочих местах сквозняков или резкого охлаждения;
- быть доступными для управления и ремонта в процессе эксплуатации;
- не создавать в процессе эксплуатации дополнительных неудобств (например, шума, вибраций, попадания дождя, снега).

### **Кондиционирование воздуха**

Кондиционирование воздуха — это создание и автоматическое поддержание в помещениях постоянных или изменяющихся по программе определенных метеорологических условий, наиболее благоприятных для работающих или требуемых для нормального протекания техно-огического процесса. Кондиционирование воздуха может быть полным и неполным. Полное кондиционирование воздуха предусматривает регулирование температуры, влажности, подвижности и чистоты воздуха, а также, в ряде случаев, возможность его дополнительной обработки (обеззараживания, ароматизации, ионизации). При неполном кондиционировании регулируется только часть параметров воздуха.

## Системы отопления

Системы отопления представляют собой комплекс элементов, необходимых для обогрева помещений в холодный период года. Основными элементами систем отопления являются источники тепла, теплопроводы, нагревательные приборы (радиаторы). Теплоносителями могут быть нагретая вода, пар или воздух.

Системы отопления подразделяют на местные и центральные.

К местным относится печное и воздушное отопление, а также отопление местными газовыми и электрическими устройствами. Местное отопление применяется, как правило, в жилых и бытовых помещениях, а также в небольших производственных помещениях малых предприятий.

К системам центрального отопления относятся: водяное, паровое, панельное, воздушное, комбинированное.

Водяная и паровая системы отопления в зависимости от давления пара или температуры воды могут быть низкого давления (давление пара до 70 кПа или температура воды до 100 °С) и высокого давления (давление пара больше 70 кПа или температура воды более 100 °С).

Водяное отопление отвечает основным санитарно-гигиеническим требованиям и поэтому широко используется на многих предприятиях различных отраслей промышленности. Основные преимущества этой системы: равномерность нагрева помещения; возможность централизованного регулирования температуры теплоносителя (воды); отсутствие запаха гари, при оседании пыли на радиаторы; поддержание относительной влажности воздуха на соответствующем уровне (воздух не пересушивается); исключение ожогов от нагревательных приборов; пожарная безопасность.

Основной недостаток системы водяного отопления — возможность ее замерзания при отключении в зимний период, а также медленный нагрев больших помещений после длительного перерыва в отоплении.

Паровое отопление имеет ряд санитарно-гигиенических недостатков. В частности, вследствие перегрева воздуха снижается его относительная влажность, а органическая пыль, оседавшая на нагревательных приборах, подгорает, вызывая запах гари. С экономической точки зрения систему парового отопления

эффективно устанавливать на больших предприятиях, где одна котельная обеспечивает необходимый нагрев помещений всех корпусов и зданий.

Панельное отопление целесообразно применять в административно-бытовых помещениях. Оно действует благодаря отдаче тепла строительными конструкциями, в которых вмонтированы специальные нагревательные приборы (трубы, по которым циркулирует вода) или электронагревательные элементы. Преимуществами этой системы отопления являются: равномерный нагрев и постоянство температуры и влажности воздуха в помещении; экономия производственной площади за счет отсутствия нагревательных приборов; возможность использования в летний период для охлаждения помещений, пропуская холодную воду через систему. Основные недостатки: относительно высокие первоначальные расходы на устройство и трудность ремонта при эксплуатации.

Воздушное отопление может быть центральным (с подачей нагретого воздуха от единого источника тепла) и местным (с подачей теплого воздуха от местных нагревательных приборов). Основные преимущества этой системы отопления: быстрый тепловой эффект в помещении при включении системы; отсутствие в помещении нагревательных приборов; возможность использования в летний период для охлаждения и вентиляции помещений; экономичность, особенно, если это отопление совмещено с общеобменной вентиляцией.

## **ВЫВОДЫ**

Освещены основы осветления воды на механических фильтрах

Рассмотрены основные закономерности метода ионного обмена

Представлена технология очистки производственного конденсата

Сделаны расчеты оборудования схемы очистки производственного конденсата и расхода тепла.

В экономической части представлены данные инвестиции в производство очистки загрязненного конденсата.

А также освещены вопросы по экологии и безопасности жизнедеятельности.

## Литература

1. Собрание законодательства РУз – 2010: № 50 стр.55-59. Постановление Президента РУз И.А.Каримова «О приоритетах развития промышленности РУз в 2011-2015 годах»
2. Воронов «Водный режим тепловых электростанций». М.: Дом издательства. МЭИ. 2009
3. А.Ф. Белоконова «Водно-химические режимы ТЭС». М.: Энергоатомиздат. 1989.
4. Н.Кулешов, Ю.А. Морыганова, В.Л.Меньшикова, В.Р.Очков, Б.С.Федосеев «Химический анализ в теплоэнергетике», Москва, Изд. «МЭИ» 2004 г.
5. А.А.Громогласов, А.С.Копылов, А.П.Пильщиков. Водоподготовка: процессы и аппараты. Москва. Энергоатомиздат 1990
6. А.С.Копылов, В.М. Лавыгин, В.Ф.Очков. Водоподготовка в энергетике. М., Издательство МЭИ, 2006
7. В.Я Рыжкин. «Тепловые электрические станции» М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. «Правила технической эксплуатации электростанций и сетей РУз». Т. 2005
9. В.И.Абрамов и др., «Повышение экологической безопасности ТЭС», М., изд. МЭИ. 2002.
10. Инструкция по организации химического контроля на тепловых электрических станциях. ВТИ.М. 2003.
12. Глобальная экологическая проблема. М.: Мысль, 1988
13. Земля и человечество. Глобальные проблемы. Серия «Страны и народы». М.: Мысль, 1985
14. Интернет:  
[www.teplo - ximia, narod.ru](http://www.teplo - ximia, narod.ru).  
[www.vpu.ru](http://www.vpu.ru);  
[www.swtsamara.ru](http://www.swtsamara.ru)  
[www.trie.ru](http://www.trie.ru)  
[www.vpu.ru](http://www.vpu.ru)