

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в производственной деятельности особое внимание обращается на окружающую среду, экологию. Экология производства и потребления может потребовать существенной переориентации в деятельности предприятия, увеличения ее расходов, в том числе и на научные исследования.

Научно-технические достижения серьезно меняют среду функционирования крупных предприятий. Появляются новые технологии, более дешевые виды сырья, что, безусловно, благоприятно влияет на производственный процесс в целом. Научно технические разработки меняют образ жизни потребителя, повышают качество удовлетворения потребителей и влияют на общую рыночную стратегию фирмы.

На промышленных предприятиях страны в теплосиловом хозяйстве эксплуатируется громадное количество паровых котлов применяемых для выработки пара, который в дальнейшем используется для технологических нужд. От надежности и эффективности работы котельного оборудования во многом зависят количество и в основном качество выпускаемой предприятиями продукции. Кроме этого, промышленные паровые котлы низкого давления расходуют 46% топлива, потребляемого в энергетике страны. Поэтому экономичность работы паровых котлов является одним из важнейших факторов их эксплуатации. Большое влияние на эффективность работы котлов оказывает качество питательной воды, которое вследствие неудовлетворительных показателей вызывает отложения накипи на внутренних поверхностях нагрева. Например, накипь толщиной 1 мм в паровом котле приводит к пережогу 2% топлива. [24]

Накипь прочно связывается с поверхностями нагрева и сосредотачивается преимущественно на наиболее теплонапряженных поверхностях кипятельных и экранных труб и барабанов паровых котлов. Отложение накипи на стенках кипятельных труб котлов и экранов вызывают перегрев металла вследствие ухудшения отвода тепла (накипь проводит тепло примерно в 40 раз хуже, чем железо). Перегрев приводит к потере прочности металла; в результате этого происходит образование отдулин, свищей, разрыв стенок, а иногда взрыв парового котла. [24]

На скорость образования накипи существенно влияет тепловое напряжение поверхности нагрева котельного агрегата. Практика показала, что при переводе котлов с твердого топлива на природный газ или мазут и резком возрастании теплонапряжений поверхностей нагрева стали наблюдаться аварии из-за разрыва экранных и кипятельных труб.

По материалам Госгортехнадзора РФ, аварии из за неудовлетворительного качества питательной воды составляют 30% всех зарегистрированных аварий паровых котлов. Большое влияние на надежность эксплуатации теплоэнергетического оборудования оказывают растворимые в воде газы

(кислород и углекислота), которые разрушают металл котельных агрегатов, теплопотребляющей и теплообменной аппаратуры, а так же трубопроводов. Для предотвращения процессов, нарушающих надежность и эффективность работы котельных установок и технологического оборудования, производят соответствующую обработку природной воды.

В соответствии с требованиями Госгортехнадзора РФ во всех промышленных котельных с котлами производительностью 0,7 т/ч и более должны быть установлены водоподготовительные установки для получения питательной воды определенного качества.

Водный режим парового котла должен обеспечивать работу без повреждений поверхностей нагрева вследствие отложений накипи и шлама, без превышения щелочности котловой воды до опасных пределов и получение пара надлежащего качества. [29]

В России, для получения умягченной и обессоленной воды для питания паровых и водяных котлоагрегатов, а также ряда технологий получил распространение практически один метод - ионный обмен. На все остальные методы (электродиализ, мембранный, дистилляционный) приходится незначительная доля в несколько процентов.

Наряду с достоинствами метод ионного обмена имеет ряд существенных недостатков: во-первых, очень дороги химические реагенты, используемые для водоподготовки, и прежде всего - катионитовые и анионитовые смолы; во-вторых, его существенный недостаток - экологический. Крупные химводоподготовки (прежде всего на тепловых станциях) являются значительным загрязнителем окружающей среды высокоминерализованными стоками. Так, при подготовке питательной воды для паровых котлов высокого давления на каждый килограмм извлекаемой из воды природной соли тратится 3*5 кг химических реагентов, и всё это сбрасывается в окружающую среду. Химводоподготовки крупных тепловых станций сбрасывают в окружающую среду сотни кубометров в час высоко-минерализованных стоков. Одним из предприятий занимающихся технологией термического обессоливания воды и утилизации стоков является ООО НПФ «Сибэкотех». Основные преимущества термического метода подготовки воды: практически не требуются химические реагенты; существенно меньше стоков по объему и по составу (сбрасываются в окружающую среду только те соли, которые извлекаются из подпиточной природной воды); возможность использования в качестве источника энергии отработанного и сбросного тепла, а также промышленных горячих стоков.[24]

Один из таких проектов был осуществлен в 1998 году на Тюменской ТЭЦ-1. Была смонтирована и запущена опытно-промышленная установка термического обессоливания воды производительностью 15 т/ч, удовлетворяющая требованиям питательной воды для котлов высокого давления.

Показатель жесткости воды на выходе из установки составил 0,5-1,0 мкг*экв/л, против исходного - 2-4 мкг*экв/л.[5]

В течении срока эксплуатации установка показала соответствие проектным решениям, хорошую управляемость и устойчивость технико-экономических показателей.

ООО НПФ «Сибэкотех» разработал целый ряд установок производительностью от 10 до 250 т/ч по обессоленной воде и готов сотрудничать с любой заинтересованной стороной.

В качестве головного аппарата технологической установки для подготовки подпиточной воды барабанных котлов давлением 140 кгс/см^2 рассматриваемой в данном дипломном проекте является испаритель мгновенного вскипания Н720-1К-02 номинальной производительностью 15 т/ч. Аппарат работает в диапазоне температур от 30 до 115°C .

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходным сырьем в установке является речная вода. Усредненный состав исходной речной воды (р. Обь) приведен ниже:

Требуемая номинальная производительность установки ИМВ, м ³ /ч	15
---	----

Исходное качество воды: (речная вода)

Показатель	Ед. изм.	Значение
Солесодержание (прокаленный остаток)	мг/л	129
Жесткость общая	моль/л	2,65
Жесткость карбонатная	моль/л	1,9
Показатель pH		7,38

Требуемое качество воды:

Показатель	Ед. изм.	Значение
Жесткость общая	моль/м ³	1,5
Солесодержание	мкг/л	6,5-7,0
Показатель pH		6,5-7,0
содержание кислорода	мкг/л	не более 10
углекислота, не более	мкг/дм ³	отс.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ.

До недавнего времени считалось, что сбросное тепло на уровне 50—120°C невозможно использовать. Как правило, тепло такого потенциала отводилось в окружающую среду либо через систему оборотного водоснабжения, либо непосредственно от технологического оборудования. При этом наносился двойной ущерб: с одной стороны, терялось значительное количество тепла, с другой — бесполезно тратилась энергия и вода на охлаждение механизмов и агрегатов.

Тепло низкого потенциала не использовалось по объективным причинам. Во-первых, не умели находить потребителей «низкосортного тепла»; во-вторых, не было технических средств для его утилизации.

Низкопотенциальные вторичные энергоресурсы, как правило, содержатся в коррозионно-активных, загрязненных и запыленных жидкостях и газах, отвод тепла от которых невозможен в стандартной теплообменной аппаратуре. Но если даже суметь отвести тепло от грязных технологических потоков, то не менее сложно найти ему надежного потребителя.

Вначале нужно искать потребителей в основной технологической линии. Для этого требуется изучить звенья энергопотребления. Нет ли мест, где теплом высоких параметров греют технологические потоки до относительно низких температур? При этом не следует пренебрегать любым количеством тепла. Затем, если таких потребителей в основной технологической линии нет, стоит рассмотреть возможность использования низкопотенциального тепла для вспомогательных целей: отопления и горячего водоснабжения предприятия, очистки стоков и конденсата, выделения ценных веществ из стоков, опреснения, производства холода, деаэрации, обессоливания питательной воды и др. И, наконец если нет надежных потребителей на самом предприятии, нужно их искать «на стороне».

Пригодятся эти энергоресурсы для отопления и горячего водоснабжения жилых массивов, теплиц, парниковых хозяйств, производства электроэнергии и передачи ее в городские сети, опреснения морской воды, коммунальных нужд и т.п.

Итак, использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов связано с двумя задачами: созданием утилизационного оборудования и надежной, эффективной схемы теплоснабжения.

Проблема использования вторичных энергоресурсов тесно связана с вопросами защиты окружающей среды от теплового и химического загрязнения.

Утилизация низкопотенциального тепла — важная хозяйственная задача, поскольку источники его по объему занимают примерно половину всех вторичных энергоресурсов, актуальность ее с каждым годом возрастает. К сожалению, в отечественной и зарубежной практике имеется очень небольшой опыт использования основных видов низкопотенциальных ВЭР:

тепла уходящих дымовых газов, сбросных вод, циркулирующих и производционных технологических потоков, конденсата и пара вторичного вскипания, вентиляционных выбросов . [30]

Основные технические средства для утилизации низкопотенциальных ВЭР - это тепловой насос - устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту.

Многоступенчатые установки с аппаратами мгновенного вскипания применяют для использования тепла загрязненных стоков (дистиллерной и фузельной жидкостей, сажевой воды, надсмольных вод коксохимических производств, стоков производства монокромата натрия, загрязненного конденсата и др.) и с аппаратами типа «тепловая труба» для использования тепла агрессивных жидкостей (серной, фосфорной и азотной кислот); контактные аппараты для использования низкотемпературного тепла парогазовых потоков; абсорбционные холодильные установки (на водных растворах аммиака, бромистого лития, хлористого кальция и др.). Утилизационные установки, работающие по водо-фреоновому энергетическому циклу; выпарные аппараты с вращающимися элементами (роторно-пленочные аппараты) для использования тепла загрязненных газов с целью концентрирования сточных вод; утилизационные турбины (газовые и паровые), где тепловая энергия горячей воды может быть преобразована в механическую работу в гидропаровой турбине, работающей на вскипающих потоках; теплорекуперационные агрегаты, в которых тепло паровоздушной смеси используется в схеме рециркуляции; регенеративные вращающиеся теплообменники, пластинчатые рекуператоры, теплообменники с промежуточным теплоносителем и тепловыми трубами для использования низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов.[6]

1.2. УСТАНОВКИ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ

В различных отраслях промышленности имеются в значительных количествах горячие стоки и циркулирующие жидкости, представляющие собой многокомпонентные системы. К ним можно отнести сточные воды производстве кальцинированной соды (дистиллерная жидкость), надсмольные воды в коксохимическом производстве, фузельную жидкость в производстве спиртов, сажевую воду в производстве ацетилена, промывочные воды из скрубберов (в производстве хлора) и установок термического обезвреживания жидких и твердых промышленных отходов и др.[8]

Наиболее распространенные компоненты горячих стоков промышленных предприятий — различные минеральные вещества (соли

кальция, натрия и магния). В стоках содержатся ценные химические вещества (аммиак, метанол, спирты, хлор и др.), потеря которых снижает экономичность технологических процессов. Кроме того, в стоках есть вещества, обезвреживание которых требует зачастую больших капитальных вложений.[2]

Принцип мгновенного вскипания для опреснения морской воды впервые был реализован в судовых опреснительных установках в начале 50-х годов и получил широкое распространение в 60—70-е годы. Преимущество его для утилизации тепла состоит в том, что горячая загрязненная жидкость поступает в камеру (испаритель), где поддерживается низкое давление или вакуум. (Вакуум соответствует температуре насыщений на $5-10^\circ$ ниже температуры поступающей жидкости). За счет скрытой теплоты парообразования происходит испарение как с поверхности жидкости, заполняющей нижнюю часть испарителя, так и с поверхности струи и капель, образующихся при вводе ее в испаритель, над которым располагается конденсатор - охладитель пара, образовавшегося в процессе мгновенного вскипания.[21]

Само словосочетание «мгновенное вскипание» свидетельствует, что процесс парообразования происходит практически одновременно с поступлением жидкости в испаритель. Термин же «адиабатное вскипание» говорит с том, что процесс в испарительной части аппарата происходит без подвода тепла.

На рис. 1 показан аппарат мгновенного вскипания. В трубное пространство конденсатора аппарата может подаваться любая среда, которую необходимо подогреть. Соли и шламы, содержащиеся в горячей жидкости, практически не попадают на трубы конденсатора и тем самым обеспечивается надежная работа аппарата. Установку мгновенного вскипания целесообразно набирать из нескольких ступеней.[5]

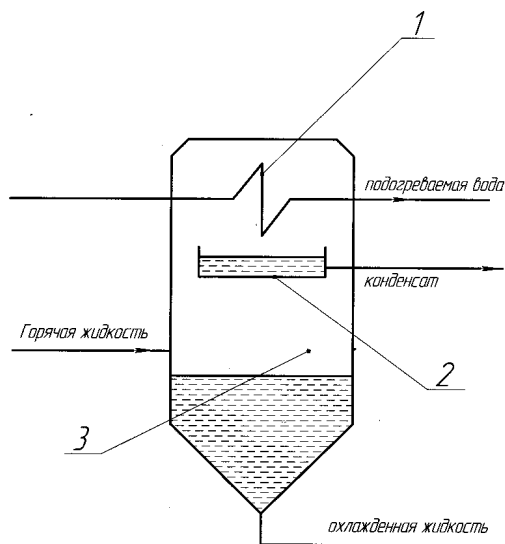


рис.1 Аппарат мгновенного вскипания: 1 – испарительная камера
2 – конденсатор, 3 – сборник конденсата.

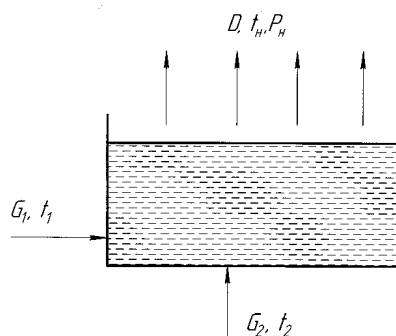


рис.2 Схема процесса выпаривания.

На рис. 2 показана схема процесса выпаривания. Исходная жидкость в количестве G_1 и с температурой t_1 поступает в испаритель аппарата мгновенного вскипания. В аппарате происходит вскипание раствора при температуре t_2 . При этом из раствора выносятся пар в количестве D , который имеет температуру насыщения t_n и давление P_n . Температура кипения раствора t_2 всегда выше температуры кипения чистого растворителя T при одинаковом давлении P_n .

Разница температур $t_2 - t_n$, называется температурной депрессией Δt . Значение Δt зависит от природы растворенного вещества и растворителя, концентрации раствора и давления.

Опытные значения температурной депрессии, как правило, приводятся при атмосферном давлении. Величину Δt при любом давлении приближенно можно получить, пользуясь уравнением И. А. Тищенко:

$$\Delta t = 1,62 \cdot 10^{-2} \Delta'_{атм} \frac{T^2}{r}; \quad [13]$$

где $\Delta'_{атм}$ — температурная депрессия при атмосферном давлении;

T — температура кипения чистого растворителя, К ($T = t_n + 273,16$);

r — скрытая теплота парообразования при данном давлении, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Обязательное наличие температурной депрессии при выпаривании раствора солей определяет значение температуры насыщения t_n ниже, чем температура t_2 охлажденного раствора, выходящего из аппарата.

Конденсация пара чистого растворителя происходит при температуре t_n и давлении P_n . Для обеспечения теплопередачи от конденсирующегося пара к охлаждающей (подогреваемой) среде необходимо, чтобы существовала разница температур $\Delta t = t_n - t_{w2} > 0$ (t_{w2} температура подогретой жидкости на выходе из трубного пучка конденсатора). Следовательно, температур подогретой жидкости t_{w2} всегда ниже температуры охлажденной жидкости t_2 , выходящей из аппарата.

Например, температура сточной жидкости $t_1 = 90^\circ\text{C}$. Ее требуется охладить до $t_2 = 40^\circ\text{C}$, температурная депрессия $\Delta t = 3^\circ\text{C}$, разница температур в конденсаторе $\Delta t = 5^\circ\text{C}$. Тогда температура насыщения:

$$t_n = t_2 - \Delta t = 37^\circ\text{C};$$

В конденсаторе можно подогреть воду или другую жидкость до температуры:

$$t_{w2} = t_n - \Delta t = 32^\circ\text{C};$$

То есть, в одном аппарате удастся получить подогретую жидкость с температурой не выше 32°C .

Несложно подсчитать, что в установке, состоящей из нескольких аппаратов мгновенного вскипания, в которых загрязненная жидкость последовательно охлаждается в каждой ступени на $5-10^\circ\text{C}$, можно подогреть жидкость до температур, близких температуре исходной горячей жидкости.

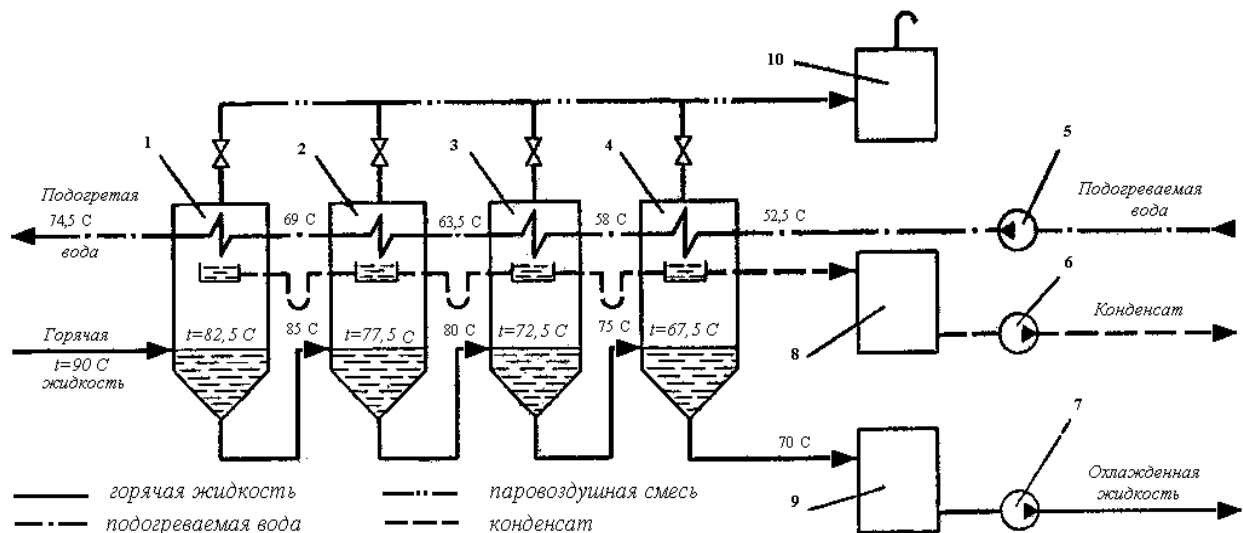


Схема утилизационной многоступенчатой установки мгновенного вскипания:

1-4-аппараты мгновенного вскипания; 5-насос подогреваемой воды; 6-насос конденсата; 7-насос охлажденной воды;
8-сборник конденсата; 9-сборник охлажденной жидкости; 10-система воздухоудаления

Рис. 3 Схема многоступенчатой установки мгновенного вскипания

На рис. 3 показана схема многоступенчатой установки мгновенного вскипания. Горячая жидкость с температурой 90 °C поступает в первую ступень 1, где вскипает и охлаждается на 5°. Вторичный пар с температурой 82,5 °C поступает на трубный пучок и, конденсируясь, передает тепло подогреваемой воде. Охлажденная жидкость поступает, последовательно проходя по остальным ступеням, в сборник 9, а затем насосом 7 удаляется из установки. Образовавшийся в каждой ступени конденсат собирается в сборнике 8 и насосом 6 перекачивается потребителю.

Вакуум в системе поддерживается системой воздухоудаления 10. [5]

1.3. ХИМИЗМ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА И МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС.

Процесс получения обессоленной воды основан на малой растворимости минеральных солей в паре, образующемся при кипении циркуляционной воды, в следствии чего циркуляционная воды уменьшается в объеме и обогащается минеральными солями, а образующийся дистиллят (обессоленная вода) обладает малой минерализацией.

Процесс получения обессоленной воды сопровождается многократно повторяемой стадией нагрева и испарения минерализованной жидкости. Это может привести к образованию отложений (накипи) на теплообменных поверхностях, нарушающих тепловой и гидравлический режим работы оборудования, требующих больших материальных и трудовых затрат на устранение последствий накипеобразований.[4]

Отложения, образующиеся на поверхности нагрева установки в интервале температур 40-100 °С, относятся к классу низкотемпературных. Основным компонентом таких отложений является карбонат кальция CaCO_3 . Кроме того, в зависимости от химического состава циркуляционной жидкости и конкретных условий работы теплообменного оборудования в отложениях могут присутствовать сульфат кальция, гидроокись магния и т.п.

Карбонатные отложения обусловлены карбонатной жесткостью воды и образуются при термическом разложении содержащихся в воде бикарбонатов.[2]

В промышленности, в основном, применяют следующие методы устранения карбонатной жесткости:

- известково-содовое умягчение;
- натрий-катионитовое умягчение;
- умягчение подкислением с последующей декарбонизацией.[22]

Для установки получения обессоленной воды при подготовке исходной воды принято ее подкисление соляной кислотой для стабилизации карбонатной жесткости циркулирующей воды.

Проблема предотвращения сульфатной накипи в промышленности не решена до сих пор. Во избежание образования сульфатной накипи процессы тепло- и массообмена в установке ведутся в режимах ниже так называемого "сульфатного барьера", то есть при температурах и кратностях упаривания, не допускающих повышения концентрации сульфата кальция в циркуляционной воде выше предела его растворимости.

Одним из перспективных путей предотвращения накипобразования является использование ингибиторов накипобразования -фосфорорганических комплексонов. Эти соединения не теряют своих свойств в широком диапазоне рН среды, обладают термической стойкостью, не подвержены гидролизу. Принцип действия комплексонов основан на адсорбционном взаимодействии этих веществ с твердой фазой и в связи с этим на способности их сильно или полностью подавлять зародышеобразование в пересыщенных растворах в течении длительного периода времени.[12]

Для ослабления процессов накипобразования и коррозии в установке термообессоливания принято ингибирование подпиточной воды ингибитором накипобразования ИОМС-1.

ИОМС-1 (ТУ6-05-2021-86) - водный раствор натриевой соли аминометиленфосфоновой кислоты. Расход - не менее 225 г на одну тонну обессоленной воды.[26]

Для уменьшения коррозии внутренних поверхностей теплообменного оборудования под действием растворенных в воде агрессивных газов (кислорода, углекислого газа) необходимо применять дегазацию исходной (подпиточной) воды.

Кислород присутствует в воде в результате его растворения при контакте воды с атмосферным воздухом, углекислота появляется в процессе подкисления исходной воды.

Наиболее эффективный способ удаления растворенных газов из воды - десорбция. Этот способ основан на использовании законов Генри-Дальтона, характеризующих зависимость между концентрацией в воде растворенного газа и его парциальным давлением.[18]

После подкисления исходной воды производится ее декарбонизация, т.е. удаление углекислоты. Сущность декарбонизации заключается в продувании через воду воздуха, при этом над поверхностью исходной воды создается атмосфера, в которой парциальное давление углекислоты ничтожно мало по сравнению с парциальным давлением углекислоты в воде. Вследствие нарушения равновесия в системе происходит переход углекислоты из воды в воздух. Рекомендуемые расходы воздуха - 15-25 м³ воды.[19]

Декарбонизированную воду подвергают вакуумной деаэрации. Принцип вакуумной деаэрации заключается в создании развитого контакта воды с паром при кипении ее. Поступающая деаэрируемая вода в деаэратор, стекая по дырчатым тарелкам в виде тонких струек и пленок, контактирует с водяными парами, образующимися при кипении горячей циркуляционной воды (перегретой относительно давления в деаэраторе) и, в свою очередь, перегреваясь (относительно давления в деаэраторе), вскипает. Вследствие мгновенного вскипания вода становится пересыщенным газовым раствором, из которого происходит выделение и отгонка растворенных газов (кислорода). Выпар конденсируется в охладителе выпара и поступает в сборник дистиллята. Неконденсирующиеся газы отсасываются вакуумным насосом в атмосферу. Исходная вода после деаэрации должна иметь содержание кислорода не более 10 мкг/л.[28]

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. ОБЩИЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТАНОВКИ

Общая схема работы установки представлена на чертеже 1.

В состав технологической установки входит следующее технологическое оборудование:

Шестиступенчатый испаритель мгновенного вскипания ИМВ производительностью 15 т/ч, вакуумный деаэратор ДВ, вакуумный конденсатор ВК, головной подогреватель ГП, циркуляционный насос Н1, насос обессоленной воды Н2, сборник обессоленной воды СБ1, сборник продувочной воды СБ2, вакуум-насос ВН, трубопроводы, арматура, КИП и А. Установка работает следующим образом.

Греющий пар из сети с температурой 130-160 °С и давлением 0,3-0,6 МПа поступает в головной подогреватель ГП, где конденсируясь, нагревает циркуляционную воду от 70 до 80 °С. Образовавшийся конденсат пара возвращается в производство. Горячая циркуляционная вода поступает в первую ступень испарителя ИМВ, где в результате снижения давления частично испаряется и по гидрозатвору перетекает в следующую ступень за счёт прогрессирующего вакуума, поддерживаемого конденсаторами ступеней испарителя. Постепенно испаряясь, циркуляционная вода проходит через 6 ступеней испарения, охлаждается до температуры 35 °С и насосом циркуляционной воды Н1 подаётся в трубное пространство конденсатора 4-й ступени. Проходя конденсаторы первых четырех ступеней циркуляционная вода нагревается до температуры 70 °С и поступает в головной подогреватель ГП.

Образующийся в каждой ступени вторичный пар конденсируется на теплообменных трубах конденсаторов, а образовавшийся дистиллят из каждой ступени отводится сначала в коллектор, а потом стекает в сборник обессоленной воды СБ. Из сборника СБ обессоленная вода насосом Н2 отводится потребителю.[9]

Исходная вода подается в вакуумный деаэратор ДВ, где из нее отгоняются растворенные газы (кислород, остатки уголекислоты и т. п). В качестве греющей среды в деаэратор подается часть горячей циркуляционной воды после головного подогревателя.

Деаэрированная исходная вода с температурой 45-48 °С сливается в последнюю ступень испарителя ИМВ.

Для поддержания водно-химического режима часть циркуляционной воды (продувка установки) выводится из установки на сброс.

Для отвода тепла из установки в конденсаторы последних 2-х ступеней подается охлаждающая обратная вода с градирни с температурой 15-25 °С.

Для откачки неконденсирующихся газов, выделяемых из исходной воды (стока) и воздуха, натекающего через неплотности оборудования, используется водокольцевой вакуум-насос ВН.

В качестве основного аппарата установки используется:
аппарат теплообменный Н720-1К-02 (испаритель мгновенного вскипания).[5]

2.2. ИСПАРИТЕЛЬ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ Н720-1К-02

Назначение - испарительная установка предназначена для получения из речной воды глубоко-обессоленной воды с параметрами качества, предъявляемые для подпиточной воды барабанных котлов давлением 140 кгс/см².

Область применения установки - тепловые электростанции, котельные предприятий и т.п.

Кроме этого, при небольшой доработке, данная установка может быть использована при обработке загрязненных стоков с получением дистиллята высокого качества и концентрирования продукта, который в дальнейшем может быть использован в качестве сырья.

2.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ ИСПАРИТЕЛЯ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ Н720-1К-02.

Общий вид аппарата представлен на чертеже 1.

Испаритель Н720-1К-02 представляет собой прямоугольную шестисекционную испарительную камеру со встроенными горизонтальными 2-х ходовыми трубчатками конденсаторов. Разделительные перегородки в нижней части снабжены регулирующимися задвижками, для регулирования уровней в испарительных секциях. Для поддержания необходимого уровня в гидрозатворах каждой секции установлены переточные пороги. Под трубчатками конденсаторов установлены поддоны для сбора дистиллята. В верхней части каждой секции установлены вертикальные жалюзийные каплеотделители.

Материальное исполнение аппарата – теплообменные трубы из сплава МНЖ5-1, корпус и основные детали – из углеродистой стали, поддоны дистиллята, трубные решётки – из двухслойной стали Ст3сп2 + 12Х18Н10Т (08Х22Н6Т), каплеуловители – сталь 12Х18Н10Т.

Техническая характеристика аппарата теплообменного:

поверхность теплообмена, м ² (по среднему диаметру)	846;
производительность по дистилляту, т/ч	15;
габариты аппарата, мм	6205x3185x2990;
вес аппарата, т	21. [10]

2.4. РАБОЧИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ

Технологические параметры и допустимый диапазон колебаний опытно-промышленной установки приведены в таблице1.

Таблица1- Технологические параметры установки [10]

Наименование потока	Расход т/ч	Температура, °С	Давление, кПа
Греющий пар на головной подогреватель (тепло ВЭР)	4,5-5,2	>120	300
Исходная (подпиточная) речная вода:			
Обессоленная вода на выходе из установки	15-22	40-48	
на входе в установку	17 - 28	5 - 2 5	200 - 400
на выходе из вакуумного конденсатора	17 - 28	7 - 2 6	200 - 400
на выходе из деаэратора вакуумного (с учетом греющей воды)	54-60	45-50	
Циркуляционная вода:			
на входе в испаритель	200 - 330	6 0 - 8 0	15 - 30
на выходе из испарителя	180 - 300	30 - 35	4,0 - 6,0
Продувочная вода	17 - 25	30 - 35	300
Охлаждающая речная вода:			
на входе в установку	120 - 200	5 - 2 5	200 - 400
на выходе из установки	120-200	3 5 - 4 0	200-400
Насыщенный (вторичный) пар в ступенях установки:			

Ступень 1	3,04-3,25	5 4 , 3 - 7 0 , 5	13,8-29,1
Ступень 2	2,97-2,76	6 1 , 5 - 4 9 , 0	10,6-19,5
Ступень 3	2,71-2,51	5 3 , 1 - 4 4 , 1	8,24-13,0
Ступень 4	2,27-2,48	4 5 , 2 - 3 9 , 6	6,5-8,7
Ступень 5	1,44-1,83	4 0 , 1 - 3 6 , 0	6,8-5,3
Ступень 6	2,14-2,58	3 3 , 6 - 3 0 , 8	4,0-4,6
Горячая циркуляционная вода на деаэратор	12-28	6 0 - 8 0	6-12

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ.

3.1. Математические модели элементов схемы

В разделе описывается определение температур и расходов всех потоков жидкости в установке, расчет коэффициентов теплопередачи испарительных ступеней, расчет уровней циркуляционной воды в ступенях и качества дистиллята.

Расчетная схема установки приведена на рис. 5.

3.1.1. Испарительная ступень

Расчетная схема испарительной ступени и основные потоки:

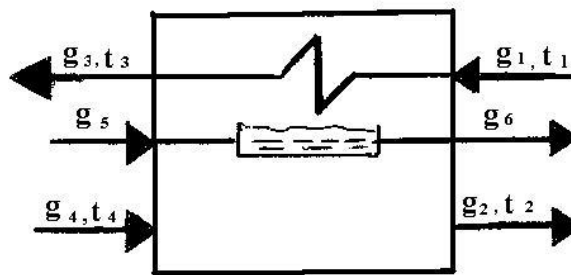


Рис.4 Испарительная ступень

Уравнения для испарительной ступени:

$$C_1 g_1 (t_3 - t_1) = (C_4 g_4 + C_5 g_5) (t_4 - t_2);$$

$$(1 - z) t_1 + z t_2 - t_3 = z \Delta t;$$

$$g_2 = g_4 [1 - C_4 / R (t_4 - t_2)];$$

$$g_4 + g_5 = g_2 + g_6;$$

$$g_1 = g_3;$$

C - удельная теплоемкость, Дж/(кг*К);

F – площадь теплопередающей поверхности испарителя, м²;

r – удельная теплота парообразования, Дж/кг;

Δt - температурная депрессия, °С;

C_1 - удельная теплоемкость нагреваемой жидкости, Дж/(кг*К);

C_4 - удельная теплоемкость выпариваемой жидкости, Дж/(кг*К);

C_5 -удельная теплоемкость дистиллята, Дж/(кг*К);

g_1, g_3 -массовые расходы нагреваемой жидкости, кг/с;

g_2, g_4 - массовые расходы выпариваемой жидкости, кг/с;

g_5, g_6 - массовые расходы дистиллята, кг/с;

t_1, t_3 - температуры нагреваемой жидкости, °С;

t_2, t_4 - температуры выпариваемой жидкости, °С.

3.1.2. Смеситель потоков.

Схема потоков показана на рис.6.1.

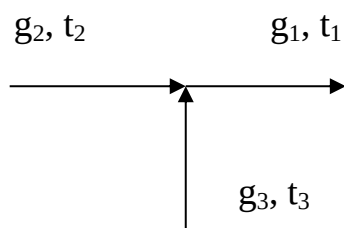


Рис.6.1-Схема смесителя потоков

Уравнения для смесителя:

$$C_2 g_2 (t_1 - t_2) + C_3 g_3 (t_1 - t_3) = 0;$$

$$g_2 + g_3 = g_1;$$

где g_1, g_2, g_3 массовые расходы потоков жидкости, кг/с;

C_1, C_2, C_3 - удельные теплоемкости потоков жидкости, Дж/(кг К);

t_1, t_2, t_3 - температуры потоков, °С.

3.1.3. Разделитель потоков

Схема потоков разделителя показана на рис. 6.2.

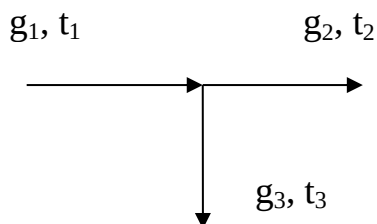


Рис. 6.2-Схема разделителя потоков

Уравнения для разделителя:

$$g_1 = g_2 + g_3;$$

$$t_1 = t_2 = t_3;$$

где g_1, g_2, g_3 - массовые расходы потоков жидкости, кг/с;

t_1, t_2, t_3 - температуры потоков, °C.

3.2. Расчеты температур и расходов

3.2.1. Система уравнений для расчета температур и расходов определяется уравнениями для всех элементов расчетной схемы и заданием исходных данных для температур и расходов.

Полученная система уравнений разбивается на две подсистемы, первая из которых линейна относительно температур, вторая линейна относительно расходов. Причем, число уравнений в первой подсистеме равно числу неизвестных температур, число уравнений во второй подсистеме равно числу неизвестных расходов.

Расчет коэффициентов теплопередачи, входящих в уравнения, приведен в подразд. 3.3. Зависимости свойств оборотной воды и дистиллята от температуры приведены в подразд. 3.4.

Расчет схемы проведен на ЭВМ IBM PC/AT. Блок-схема программы расчета приведена на рис. 7.

Программа SHEMA - основная, в ней осуществляется вызов всех подпрограмм.

Подпрограммой VVOD вводятся в программу начальные приближения расходов, коэффициентов теплопередачи, удельных теплоемкостей потоков жидкости, температурных депрессий.

Этой подпрограммой вводится также количество испарителей, количество испарителей с откачкой пара, количество смесителей и разделителей, заданные температуры, расходы, отношения расходов.

Конструктивные данные расчета коэффициентов теплопередачи вводятся в программу подпрограммой CONDAN.

Система уравнений для температур формируется подпрограммой FOMT > система уравнений для расходов формируется подпрограммой FOMG.

Решаются обе системы уравнений при помощи стандартной подпрограммы LINEQ1.

Расчет проводится в два этапа. На первом этапе коэффициенты теплопередачи, удельные теплоты парообразования считаются известными. Температуры и расходы уточняются методом последовательных приближений.

На втором этапе по полученным температурам и расходам для каждого испарителя пересчитывается коэффициент теплопередачи по подпрограмме KTISP.

Для пересчитанных коэффициентов теплопередачи повторяется расчет температур и расходов.

Процесс вычислений продолжается до тех пор, пока температуры после пересчета коэффициентов теплопередачи на последующем и предыдущем шаге не сойдутся. В табл. 2 представлены давления насыщения, температуры и массовый расход дистиллята по испарительным ступеням.

Подпрограмма VIVOD печатает полученные результаты расчета (см. приложение). Значения температур и расходов потоков жидкости печатаются следующим образом: в первой строке печатается номер потока жидкости согласно расчетной схемы, во второй строке - соответствующее значение.

Значения коэффициентов теплопередачи, удельных теплот парообразования печатаются для каждой ступени испарения, начиная с последней ступени (по расчетной схеме с ИС₁ см. рис.7).

3.3. Расчет коэффициента теплопередачи в конденсаторе испарительной ступени.

3.3.1. В расчете использованы условные обозначения:

ρ - плотность жидкости, кг/м³

ρ^o - плотность дистиллята, кг/м³;

λ - теплопроводность жидкости, Вт/(м*К);

λ^o - теплопроводность дистиллята, Вт/(м*К);

$\lambda_{\text{нò}}$ - теплопроводность стенки трубы, Вт/(м*К);

$\lambda_{\text{ò ë}}$ - теплопроводность отложений, Вт/(м*К);

μ - динамическая вязкость жидкости, Па*с;

μ^o - динамическая вязкость дистиллята, Па*с;

ν - скорость, м/с;

α_1 - коэффициент теплоотдачи в трубе, Вт/(м²*К);

α_2 - коэффициент теплоотдачи при конденсации пара, Вт/(м²*К);

$\hat{E}$ - коэффициент теплопередачи в конденсаторе испарителя. Вт/(м²*К);

d - диаметр проходного отверстия труб с учетом отложений, м;

d_i - наружный диаметр труб, м;

$d_{\text{âí}}$ - внутренний диаметр труб, м;

l - длина труб, м;

N - количество труб, шт;

Z_k - число ходов, шт;

$\varepsilon(Nb)$ - коэффициент, зависящий от расположения труб в пучке и от числа труб по вертикали;

G - массовый расход жидкости, кг/с;

Q - тепловая нагрузка, Вт;

r - удельная теплота парообразования, Дж/кг;

Δt - температурная депрессия, °C;

K_0 - относительная концентрация солей;

t_i - температура пара, °C;

t'_i - температура жидкости на входе в конденсатор испарителя, °C;

t_k - температура жидкости на выходе из конденсатора испарителя, °C;

$t_{\text{н} \delta}$ - внутренняя температура стенки трубы, °C;

$t_{\text{н} \delta \text{ } i}$ - наружная температура стенки трубы, °C;

$t_{\text{ж}}$ - температура жидкости, °C;

$t_{\text{в} \delta \text{ } \delta}$ - температура выпариваемой жидкости на выходе из испарителя, °C;

Re - критерий Рейнольдса;

Pr - критерий Прандтля;

Nu - критерий Нуссельта.

3.3.2. Расчет коэффициента теплопередачи в конденсаторе испарителя для горизонтального расположения труб проводится по подпрограмме KTISP. Блок-схема расчета приведена на рис. 8.

3.3.3. Заданными величинами являются: расход жидкости в конденсаторе, ее температуры на входе и выходе, температурная депрессия, температура выпариваемой жидкости на выходе из испарителя. Эти величины передаются из основной программы SHEMA.

3.3.4. Конструктивные параметры: наружный диаметр труб, внутренний диаметр труб, диаметр проходного отверстия труб с учетом отложений, количество труб, число ходов, а также теплопроводность стенки труб, теплопроводность отложений и коэффициент $\varepsilon(Nb)$ вводятся в основную программу SHIMA подпрограммой CONDAN (рис. 7) и передаются из нее в программу KTISP.

Необходимо сначала рассчитать коэффициент теплоотдачи в трубе и коэффициент теплоотдачи при конденсации пара.

3.3.5. Коэффициент теплоотдачи в трубе (λ_1) вычисляется по подпрограмме RAL1, блок-схема которой приведена на рис. 9-12.

Для расчета используется метод простой итерации.

Вычисляется скорость жидкости в трубе (ν).

Задается коэффициент теплоотдачи в трубе (λ^1) для первой итерации.

По заданным начальным приближениям для температуры жидкости и внутренней температуры стенки вычисляются критерии Рейнольдса, Нуссельта и пересчитывается коэффициент теплоотдачи в трубе (λ^1).

Проверяется условие сходимости λ^1 и λ . Если условие не выполняется, то пересчитываются внутренняя температура стенки, температура жидкости, и процесс повторяется до тех пор, пока условие сходимости не выполнится.

Полученный коэффициент теплоотдачи в трубе (λ^1) передается в подпрограмму KTISP.

3.3.6. Коэффициент теплоотдачи при конденсации пара (λ^2) вычисляется по подпрограмме AL2ISP, блок-схема которой приведена на рис. 13,14.

Вычисляется тепловая нагрузка на испаритель (Q), нагрузка на одну трубу (q), температура пара.

Далее по формуле [13] вычисляются: коэффициент B , зависящий от температуры пара, коэффициент теплоотдачи без учета поправки (α^1), наружная температура стенки, поправочный коэффициент (ε_t), учитывающий зависимость физических свойств дистиллята от температуры и коэффициент теплоотдачи при конденсации пара (α^2).

Полученный коэффициент теплоотдачи (α^2) передается в подпрограмму KTISP.

3.3.7. По полученным коэффициентам теплоотдачи (α^1) и (α^2) вычисляется коэффициент теплопередачи в конденсаторе испарителя (K), который передается в основную программу SHEMA.

Формулы для динамической вязкости воды и теплопроводности воды получены аппроксимацией табличных данных. [15]

Динамическая вязкость, воды (μ) в Па.с ;

$$\mu = l \left(\frac{-9,231 - 693,5}{T} + \frac{4,037 * 10^5}{T^2} \right) ;$$

где T -температура воды, К.

Теплопроводность воды (λ) в Вт/ (м К);

$$\lambda = -4,023 * 10^{-1} + 5,354 * 10^{-3} * T - 6,574 * 10^{-6} * T^2 ;$$

Поверхностное напряжение (τ) в Н/м.

$$\tau = 0,098 - 1,805 * 10^{-5} * T - 2,326 * 10^{-7} * T^2 ;$$

4.4.Теплофизические свойства рабочих потоков

4.4.1. Теплофизические свойства исходного и упариваемого стоков приведены в табл. 3.

Удельная теплота парообразования (R) в Дж/кг вычисляется по формуле для чистой воды [15]

$$R = (595,9 - 0,5667 \cdot t) \cdot 4187;$$

Таблица 3-Теплофизические свойства исходного и упариваемого стоков

Наименование параметра	Обозначение	Исходный сток ($t=50^{\circ}\text{C}$)	Упариваемый сток ($t=60^{\circ}\text{C}$)
Плотность, кг/м^3	ρ	1000	1000
Удельная теплоемкость, Дж/(кг*К)	C	4180	4180
Динамическая вязкость, Па*с	μ	$600 \cdot 10^{-6}$	$530 \cdot 10^{-6}$
Теплопроводность, Вт/ (м*К)	λ	0,648	0,6
Температурная депрессия, $^{\circ}\text{C}$	Δt	-	2
Поверхностное натяжение, Н/м	τ	0,068	0,066

4.4.2. Свойства оборотной воды и дистиллята вычисляются по формулам для чистой воды [15]

Плотность воды (ρ) в кг/м^3 ;

$$\rho = 1003 - t(0,1775 - 0,00269 \cdot t);$$

5. Расчет уровней циркуляционной воды

Расчет уровней производится в подпрограмме YROVNI. Исходными данными для расчета являются расход циркуляционной воды для каждого испарителя, давление для каждого испарителя, количество испарителей. Эти данные насчитываются в основной программе SHEMA и передаются в программу YROVNI. В программе из файла данных считываются следующие необходимые данные: высота порога, длина порога, угол между направлением потока и порогом, высота окна, максимальная ширина окна, уровень за порогом в последней камере.

Расчет уровней циркуляционной воды в испарителях осуществляется последовательно от последнего испарителя к первому.

Расчетная схема уровней циркуляционной воды в секциях испарителя приведена на рис. 15.

Переточное устройство между испарителями - окно.

На каждом шаге известной величиной является уровень перед порогом испарителя $i+1$ (H_i), а неизвестной величиной - уровень за порогом испарителя i (H_2).

Блок-схема расчета уровней циркуляционной воды приведена на рис. 16-18.

Оптимальное значение уровня за порогом (H_2^0) в м,

$$H_2^0 = \frac{A + H_p}{2};$$

где A - высота окна, м;

H_p - высота порога, м.

Потеря напора в окне максимальной ширины без учета кипения ($D_{i\hat{i}}$) в м. [16]

$$D_{i\hat{i}} = \left(\frac{V}{3600 * A * B_i * \mu * \sqrt{2 * g}} \right)^2;$$

где V - объемный расход циркуляционной воды, м³/ч;

B_i - максимальная ширина окна, м;

μ - 0,63 - коэффициент расхода;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Потеря напора при перетоке воды через окно, соединяющее испарители i и $i+1$ с учетом кипения (D_i) в м;

$$D_i = D_{i\hat{i}} * \left(\frac{B_i}{B} \right)^2 * \frac{A_0 * (D_p)}{K_c};$$

где B - ширина окна, м;

$A_0 * (D_p)$ - функция от перепада давления, учитывающая влияние кипения на сопротивление окна;

D_p - перепад давления между испарителями, кПа:

$$D_p = p_i - p_{i+1};$$

K_c - коэффициент сопротивления переточного окна в отсутствии кипения.

Уровень за порогом (H_2) в м определяется из уравнения гидростатического баланса:

$$H_2 = H_1 + D_i - \frac{D_p}{R * q} * 1000 ;$$

где H_1 - уровень перед порогом испарителя +1 , м;
 R - плотность жидкости, кг/м³.

При перетоке жидкости через окно возможны два случая:

1) если при полностью открытом окне уровень H_2 ниже оптимального H_2^0 , то $H_2 = H_2^0$ и потери напора в окне:

$$D_i^* = \frac{1000 * D_p}{R * q} + H_2 - H_1 ;$$

Ширина окна (В) в м получена из формул для вычисления D_{i0} и D_i^* :

$$B = \frac{V}{3600 * A * \mu * \sqrt{2 * q}} * \sqrt{\frac{A_0(D_p)}{2,08 * D_i^*}} ;$$

2) если при полностью открытом окне уровень H_2 не ниже оптимального, то это и будет окончательное значение уровня.

Высота перед порогом H_1 рассчитывается по подпрограмме YROVNI.

Алгоритм расчета приведен на рис. 19 . Граничное значение (H_3) в, м:

$$H_3 = H_2 - H_p ;$$

Граничное значение величины H_3 (H_{33}) в, м:

$$H_3 = 0,00271 * \left(\frac{V}{Be}\right)^{\frac{2}{3}} ;$$

где Be - длина порога, м.

Если $H_3 > H_{33}$ то перепад высот (Z) в, м рассчитывается по формуле:

$$Z = \left(\frac{V}{3600 * 2 * H_3 * Be * \sqrt{2 * q * \mu}}\right)^2 ;$$

Высота перед порогом (H_1) в, м

$$H_1 = H_2 + Z ;$$

Если $H_3 < H_{33}$, то расчет состоит в определении следующих величин: коэффициента, зависящего от угла скоса порога по отношению к направлению потока (K) (получен аппроксимацией данных для косого водослива.

$$K = 0,808 + 0,00373 * A^{\circ} - 1,778 * 10^5 * A^{\circ 2};$$

где A° - угол скоса потока, градус;

коэффициента расхода для неподтопленного водослива (M_H):

$$\dot{I}_i = (0,405 + \frac{0,0027}{\dot{I}}) * (1 + 0,55 * \frac{\dot{I}^2}{(\dot{I} + \dot{I}_\delta)^2});$$

где H - уровень водослива над порогом, м;

коэффициента расхода для подтопленного водослива (M):

$$\dot{I} = \dot{I}_i * 1,05 * (1 + 0,2 * \frac{H_3}{\dot{I}_\delta}) *^3 \sqrt{\frac{Z}{H}};$$

уровня водослива над порогом (H) в, м :

$$H = (\frac{V}{M_1 * K * 3600 * Be * \sqrt{2 * q}})^{\frac{2}{3}};$$

где M_1 - коэффициент расхода подтопленного или неподтопленного водослива, в зависимости от того, какой водослив рассчитывается.

Значение H находится методом последовательных приближений, полагая $M = 0,3$, а $M_H = 0,42$.

Водослив подтоплен при соблюдении двух условий:

1) H_2 больше H_p ;

2) отношение $\frac{Z}{\dot{I}_\delta}$ меньше K_p ;

где K_p - функция отношения $\frac{H}{\dot{I}_\delta}$;

При несоблюдении хотя бы одного условия водослив является неподтопленным.

Результатом расчета является высота перед порогом (H_I) в, м:

$$H_I = H + H_p;$$

В табл. 4 приведены результаты расчета уровней в ступенях, ширина окон и потери напора в окнах.

6. Расчет качества дистиллята

6.6.1. Качество дистиллята в испарителях рассчитывается в подпрограмме KADIS. Блок-схема подпрограммы приведена на рис. 20.

Заданными величинами являются: расход испаряющего пара, температура пара, давления. Эти данные передаются из основной программы SHEMA.

Кроме этих данных вводятся: площадь зеркала испарения, площадь каплеуловителя, высота сепарационного пространства.

6.6.2. Эквивалентный диаметр каплеуловителя (D) в, м

$$D = \left(\frac{4}{3,14159} * F_k \right)^{\frac{1}{2}} ;$$

где F_k - площадь каплеуловителя, м²;

Дальнейшие вычисления производятся для каждого испарителя.

6.6.3. Приведенный коэффициент поверхностного натяжения (τ^0) в Н /м:

$$\tau_0 = \left(\frac{\tau}{q} \right) * 10^4 ;$$

где τ - поверхностное натяжение, Н/м;

q - ускорение свободного падения, м/с.

6.6.4. Вспомогательные коэффициенты А и В:

$$A = \frac{3,8 * 10^{-5} * \square \rho^{0,625}}{\rho_n^{0,25} * \tau_0^{0,375} * q^{0,25}} * 31,62 ;$$

$$B = \frac{2 * 10^{-2} * \rho_n^{0,55} * \square \rho^{1,025}}{\tau_0^{1,575} * q^{1,05}} * 1,995 * 10^6 ;$$

где $\square \rho = \rho_a - \rho_{ni}$;

ρ_a - плотность жидкости, кг/м³;

ρ_i - плотность пара, кг/м³.

6.6.5. Скорость пара, м/с:

$$W^{ii} = \frac{Gq}{3,6 * F_u * \rho_i} ;$$

где Gq - массовый расход испаряющегося пара, т/ч;

F_u - площадь зеркала испарения, м².

6.6.6. Диаметр витания ($d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}$) в м вычисляется в подпрограмме DIVIT, блок-схема которой приведена на рис. 21.

Диаметр витания определяется из равенства массы капли и силы сопротивления, действующей на нее со стороны потока пара. Сила сопротивления (в зависимости от числа Рейнольдса) находится по формулам. Равенство массы капли и силы сопротивления приводит к следующим уравнениям относительно диаметра витания:

при $20 < Re < 260$

$$F(d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}) = \frac{4}{3} * q * \frac{\rho_a}{\rho_i} * \frac{1}{(W^{ii})^2} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}} - \frac{24}{Re} * (1 + 0,1935 * Re^{0,6305}) = 0;$$

при $0,01 < Re < 20$;

$$F(d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}) = \frac{4}{3} * q * \frac{\rho_a}{\rho_i} * \frac{1}{(W^{ii})^2} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}} - \frac{24}{Re} * (1 + 0,1315 * Re^{0,82-0,031 \lg Re}) = 0;$$

при $260 < Re < 1500$;

$$F(d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}) = \frac{4}{3} * q * \frac{\rho_a}{\rho_i} * \frac{1}{(W^{ii})^2} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}} - \lg \left[1,6435 - 0,1242 * \frac{\lg Re + 0,1558}{(\lg Re)^2} \right] = 0;$$

где

$$Re = \frac{W^{ii} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}}{\nu}$$

- Число Рейнольдса;

ν - кинематическая вязкость, м²/с.

Для нахождения диаметра витания используется модифицированный метод Ньютона решения нелинейного уравнения вида $F(x) = 0$.

6.6.7. Влажность пара перед каплеуловителем ($W_{\hat{a}\hat{o}}$) [17]

$$W_{\hat{a}\hat{o}} = \left[\hat{A} * (W^{ii} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}})^{0,5} + (W^{ii} * d_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}})^{21} \right] * l^{-0,023 \frac{H}{D}};$$

где Н - высота сепарационного пространства, м.

6.6.8. Влажность пара после каплеуловителя ($w_{\text{вых}}$):

$$W_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = W_{\hat{a}\hat{o}} * (1 - \eta);$$

Где η - коэффициент полезного действия каплеуловителя. Коэффициент полезного действия каплеуловителя, зависящий от влажности пара перед каплеуловителем и скорости пара, вычисляется по стандартной программе EXTING, которая производит линейную интерполяцию и экстраполяцию функции от двух переменных с переменным шагом по обоим переменным. Условные значения влажности пара перед каплеуловителем и скорости пара взяты по графику зависимости коэффициента полезного действия жалюзийных сепараторов от скорости пара [21]. Результаты расчета влажности пара в ступенях после каплеуловителей приведены в табл. 5.

6.6.9. Плотность пара ($\rho_{\hat{i}}$) в, кг/м³:

$$\rho_{\hat{i}} = \frac{P * 18,02}{8 * 3143 * T};$$

где P - давление в испарителе, кПа;

T - температура, К.

6.6.10. Солесодержание дистиллята в отдельной испарительной ступени

(S_{gi}) в, %

$$S_{gi} = S_{\hat{i}\hat{D}} * W_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}\hat{i}};$$

где i - номер ступени;

$S_{\hat{i}\hat{D}} = 2000 \hat{i} \hat{a}$ - общее солесодержание продувочной воды.

Общее солесодержание дистиллята (S_g), мкг\л:

$$S_g = \frac{\sum i * g_{\hat{i}i} * S_{gi}}{\sum i * g_{\hat{i}i}} = 85 \hat{i} \hat{e} \hat{a} \backslash \hat{e};$$

где $g_{\hat{i}i}$ - массовый расход пара (массовый расход дистиллята) в испарительных ступенях. (табл. 2).

7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНТУРОВ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ ПОТОКОВ.

7.1. Гидравлическое сопротивление контура циркулирующей воды.

Гидравлическое сопротивление трубного пространства конденсатора ступени испарителя [27]:

$$\Delta P_1 = \left[\frac{0.11 * l_1 * z_1}{d_1} \left(\frac{K\epsilon}{d_1} + \frac{68}{Re_1} \right)^{0.25} + \sum \zeta_1 \right] * \frac{w_1^2 * \rho_1}{2} = 5588 \text{ Па};$$

где $l_1 = 3 \text{ м}$ – длина труб;

$z_1 = 2$ – количество ходов по трубам;

$d_1 = 0.021 \text{ м}$ – внутренний диаметр труб;

$K\epsilon = 3 \times 10^{-5} \text{ м}$ – эквивалентная равномерно-пористая абсолютная шероховатость;

$\rho_1 = 1010 \text{ кг/м}^3$ – плотность циркулирующей воды;

$Re_1 = \frac{w_1 d_1}{\nu_1} = 42782$, - критерий Рейнольдса,

$\nu_1 = 0.40 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость циркуляционной воды;

$w_1 = \frac{G_1}{3.6 \rho_1 F_1} = 0.81 \text{ м/с}$ - скорость циркуляционной воды в

трубах;

$G_1 = 320 \text{ т/ч}$ – массовый расход циркуляционной воды;

$F_1 = 0.108 \text{ м}^2$ – площадь проходного сечения одного хода по трубам;

$\sum \zeta_1 = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4 + \zeta_5 = 9.5$ - суммарный коэффициент местных сопротивлений;

$\zeta_1 = 1.0$ – коэффициент сопротивления входа в трубы;

$\zeta_2 = 1.0$ – коэффициент сопротивления выхода из труб;

$\zeta_3 = 1.5$ – коэффициент сопротивления входной камеры;

$\zeta_4 = 1.0$ – коэффициент сопротивления выходной камеры;

$\zeta_5 = 2.5$ – коэффициент сопротивления на 180° между ходами.

Гидравлическое сопротивление соединительного колена на конденсаторе

$$\Delta P_2 = \left[\frac{0,11 * l_2}{d_2} \left(\frac{K_9}{d_2} + \frac{68}{Re_2} \right)^{0,25} + n_1 \zeta_6 \right] * \frac{w_2^2 p_1}{2} = 273 \text{ Па; [27]}$$

где $l_2 = 1,82 \text{ м}$ – длина соединительного колена;
 $d_2 = 0,305 \text{ м}$ – внутренний диаметр соединительного колена;
 $n_1 = 2$ – количество поворотов на 90^0 ;
 $\zeta_6 = 0,15$ – коэффициент сопротивления поворота на 90^0 ;

$$Re_2 = \frac{w_2 d_2}{\nu_1} = 919270 \text{ - критерий Рейнольдса,}$$

$$w_2 = \frac{G_1}{3,6 p_2 F_2} = 1,2 \text{ м/с - скорость циркуляционной воды}$$

в соединительном колене;

$$F_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = 0,073 \text{ м}^2 \text{ – площадь проходного сечения}$$

соединительного колена;

Гидравлическое сопротивление соединительного колена между конденсаторами [27]:

$$\Delta P_3 = \left[\frac{0,11 * l_3}{d_2} \left(\frac{K_9}{d_2} + \frac{68}{Re_2} \right)^{0,25} + n_1 \zeta_6 \right] * \frac{w_2^2 p_1}{2} = 288 \text{ Па;}$$

где $l_3 = 2,35 \text{ м}$ – длина соединительного колена между конденсаторами.

Гидравлическое сопротивление трубного пространства головного подогревателя [27]:

$$\Delta P_4 = \left[\frac{0,11 * l_4 * z_1}{d_1} \left(\frac{K_9}{d_1} + \frac{68}{Re_4} \right)^{0,25} + \sum \zeta_1 \right] * \frac{w_4^2 p_4}{2} = 37406 \text{ Па;}$$

где $l_4 = 3 \text{ м}$ – длина труб;
 $\rho_4 = 1009 \text{ кг/м}^3$ – плотность циркуляционной воды;

$$Re_4 = \frac{w_4 d_1}{\nu_4} = 112350 \text{ - критерий Рейнольдса;}$$

$\nu_4 = 0,27 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость циркуляционной воды;

$w_4 = \frac{G_1}{3,6 p_4 F_4} = 2,14 \text{ м/с}$ - скорость циркуляционной воды в трубах;

$F_4 = 0,041 \text{ м}^2$ – площадь проходного сечения одного хода по трубам.

Гидравлическое сопротивление трубопровода циркуляционной воды [27]:

$$\Delta P_5 = \left[\frac{0,11 * l_5}{d_5} \left(\frac{K\epsilon}{d_5} + \frac{68}{\text{Re}_5} \right)^{0,25} + n_2 \zeta_6 \right] \frac{w_5^2 p_1}{2} = 2164 \text{ Па};$$

где $l_5 = 40 \text{ м}$ – длина трубопровода (уточняется при проектировании);
 $d_5 = 0,309 \text{ м}$ – внутренний диаметр трубопровода;
 $n_2 = 10$ – количество поворотов на 90° (уточняется при проектировании);

$$\text{Re}_5 = \frac{w_5 d_5}{\nu_1} = 906490 - \text{критерий Рейнольдса};$$

$w_5 = \frac{G_1}{3,6 p_1 F_5} = 1,17 \text{ м/с}$ - скорость циркуляционной воды в трубопроводе;

$$F_5 = \frac{\pi d_5^2}{4} = 0,075 \text{ м}^2 - \text{площадь проходного сечения трубопровода.}$$

Гидравлическое сопротивление арматуры [27]:

$$\Delta P_6 = \sum \zeta_6 \frac{w_5^2 p_1}{2} = 2730 \text{ Па};$$

$$\sum \zeta_6 = n_3 \zeta + \zeta_8 = 3,95 - \text{суммарный коэффициент местных сопротивлений};$$

$n_3 = 3$ – количество задвижек;

$\zeta_8 = 3,5$ – коэффициент сопротивления обратного клапана;

Гидравлическое сопротивление контура циркуляционной воды [16]:

$$\Delta P_{\text{ц}} = N_1 \Delta P_1 + N_2 \Delta P_2 + N_3 \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta H = 93413 \text{ Па};$$

где $N_1 = 4$ – количество секций;

$N_2 = 2$ – количество соединительных колен на конденсаторах;

$N_3 = 1$ – количество соединительных колен между конденсаторами;

$\Delta H = 15427 + 12500 = 27927 \text{ Па}$ – гидравлическое сопротивление, обусловленное разностью давлений в первой ступени испарителя и в шестой ступени испарителя и разностью высот столбов жидкости на нагнетании и всасе циркуляционного насоса.

7.2. Гидравлическое сопротивление контура охлаждающей воды.

Гидравлическое сопротивление трубного пространства конденсатора ступени испарителя [16]:

$$\Delta P'_7 = \left[\frac{0,11 * l_1 * z_1}{d_1} \left(\frac{\hat{E} \dot{y}}{d_1} + \frac{68}{\text{Re}'_1} \right)^{0,25} + \Sigma \zeta_1 \right] * \frac{(w'_1)^2 * p'_1}{2} = 2464 \text{ Па};$$

где $p'_2 = 995 \text{ кг/м}^3$ – плотность циркулирующей воды;

$$\text{Re}'_7 = \frac{w'_1 d_1}{\nu'_1} = 14285, \text{ - критерий Рейнольдса};$$

$\nu'_1 = 0,76 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость охлаждающей воды;

$$w'_7 = \frac{G'_1}{3,6 p'_1 F_1} = 0,52 \text{ м/с} \text{ - скорость охлаждающей воды в трубах};$$

$G'_2 = 200 \text{ т/ч}$ – максимальный массовый расход охлаждающей воды;

Гидравлическое сопротивление соединительного колена на конденсаторе [16]:

$$\Delta P'_8 = \left[\frac{0,11 * l_2}{d_2} \left(\frac{\hat{E} \dot{y}}{d_2} + \frac{68}{\text{Re}'_8} \right)^{0,25} + n_1 \zeta_6 \right] \frac{(w'_2)^2 * p'_1}{2} = 111 \text{ Па};$$

где $\text{Re}'_8 = \frac{w'_8 d_2}{\nu'_1} = 306950$ - критерий Рейнольдса;

$$w'_8 = \frac{G'_2}{3,6 p'_2 F_2} = 0,76 \text{ м/с} - \text{ скорость охлаждающей воды в соединительном колене;}$$

Гидравлическое сопротивление арматуры [16]:

$$\Delta P'_9 = n_4 \zeta_7 \frac{(w'_9)^2 p'_2}{2} = 431 \text{ Па;}$$

где $n_4 = 2$ - количество задвижек;

$$w'_9 = \frac{G'_2}{3,6 p'_2 F_6} = 1,7 \text{ м/с} - \text{ скорость охлаждающей воды в}$$

трубопроводе;

$F = 0,33 \text{ м}^2$ – площадь проходного сечения трубопровода.

Гидравлическое сопротивление контура охлаждающей воды (без учета сопротивления трубопровода и отметки расположения испарителей) [27]:

$$\Delta P'_{\Sigma} = N'_1 \Delta P'_1 + \Delta P'_2 + \Delta P'_3 + \Delta P'_6 = 5470 \text{ Па;}$$

где $N'_1 = 2$ – количество секций;

7.3. Расчет дроссельных шайб между ступенями испарения по линии парогазовой смеси.

Перепуск парогазовой смеси из ступени в ступень осуществляется через дроссельные шайбы, установленные в разделительных перегородках между ступенями испарителей и в разьемах соединительных трубопроводов между испарителями.

Для нормальной вентиляции трубчатки конденсатора массовый расход протекающий из ступени в ступень парогазовой смеси должен составлять 1-2 % от количества конденсируемого пара.

Скорость парогазовой смеси в отверстии шайбы (V_0) в м/с [27]:

$$V_0 = \sqrt{\frac{2K}{K+1} \frac{P_1}{p_1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{1}} \right]};$$

где $K = 1,2$ – показатель адиабаты для парогазовой смеси;

P_1 – давление парогазовой смеси перед шайбой, Па;

p_1 – плотность парогазовой смеси при давлении P_1 , кг/м³;

P_0 – давление парогазовой смеси после шайбы, Па.

Диаметр отверстия шайбы (d) в м;

$$d = \sqrt{3600 \pi \varphi p_1 V_0} ;$$

где $G = p_1 V_0$ - массовый расход парогазовой смеси, проходящей через шайбу, кг/ч;

$\varphi = 0,9$ коэффициент, учитывающий потери давления в шайбе.

Результаты расчета приведены в табл. 6.

7.4. Расчёт и выбор схемы вакуумирования.

Массовый расход воздуха, поступающего с подпиточной речной водой при $t=5^\circ\text{C}$ [28]:

$$g_{el} = g_{\text{пп}}(\psi_{N_2} \cdot P_{N_2} + \psi_{O_2} \cdot P_{O_2}) \cdot 10^{-3} = 0.573 \text{ кг/ч};$$

$g_{\text{пп}} = 17$ т/ч – массовый расход подпиточной воды;

$\psi_{N_2} P_{N_2} = 20,75$ мг/кг – растворимость азота в воде;

$\psi_{O_2} P_{O_2} = 13$ мг/кг – растворимость кислорода в воде;

Массовый расход воздуха, натекающий через неплотности вакуумной системы[28]:

$$g_{el} = V_p \cdot \Delta V^n = 0,0975 \text{ кг/ч};$$

где $V = 30 \text{ м}^3$ – вместимость вакуумной системы;

$\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность сухого воздуха при $t = 25^\circ\text{C}$;

$\Delta V^n = \Delta \delta / P_{am} = 2.71 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/4$ - относительное изменение объёма воздуха в вакуумной системе при регламентном

падении вакуума $\Delta P = 0,266 \text{ кПа/ч}$;

$P_{am} = 98,066 \text{ кПа}$ – атмосферное давление.

Суммарный массовый расход воздуха, откачиваемого из системы[28]:

$$g_e = g_{el} + g_{e2} = 0,67 \text{ кг/ч};$$

Для поддержания вакуума в установке установлен водокольцевой вакуум-насос ВВН-3 номинальной производительностью $180 \text{ м}^3/\text{ч}$.

8. ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ.

8.1. Выбор схемы выпарной установки и типа испарителя.

В настоящее время в отечественной и мировой практике распространение при термическом обессоливании получили многокорпусные установки мгновенного вскипания.

Проведенные испытания 6-ти ступенчатой выпарной установки на Тюменской ТЭЦ-1 показали целый ряд существенных преимуществ перед другими типами установок.

К ним относятся:

- возможность экономично использовать располагаемый полезный перепад температур и тем самым добиться максимальной кратности использования тепла греющего пара;
- возможность получить дистиллят требуемого качества при упрощенной схеме обработки исходной воды перед установкой;
- простота конструктивного исполнения установки;
- сведение к минимуму образования накипи на теплообменных поверхностях.

В схему введен целый ряд резервных линий и аппаратов, которые обеспечат высокую надежность, исключат аварийные остановки при значительных отказах оборудования.

Данная схема позволяет при минимальных приведенных затратах, упрощенной схеме подготовки исходной воды, обеспечить получение дистиллята требуемого качества.

Применение отдельных многоступенчатых аппаратов 100 % заводской готовности позволяет свести к минимуму объем монтажных работ, снизить массу установки, обеспечить высокую герметичность установки и тем самым работоспособность установки.

Все аппараты установки, включая испаритель мгновенного вскипания Н 720-1К-02, относятся по степени габаритности к габаритным грузам, что позволяет транспортировать их по железной дороге. [5]

9. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УСТАНОВКИ.

9.1. Стандартное теплообменное оборудование.

В установке используется следующее теплообменное оборудование:

подогреватель головной (ГП) для нагрева циркуляционной воды;
конденсатор вакуумный (КВ) для конденсации выпара деаэратора и паровых сдувок;

Исходя из того, что при отклонении от норм технологического режима возможно образование на теплообменных трубах накипи, в технологической схеме может быть предусмотрен резервный головной подогреватель. Включение резервного подогревателя в работу осуществляется без останова установки [5].

9.2. Деаэратор вакуумный.

Деаэратор вакуумный предназначен для удаления коррозионно-агрессивных газов (кислорода и свободной углекислоты) из питательной воды циркуляционного контура. Общий вид деаэратора представлен на черт. 2.

Тип деаэратора определяется исходя номинальной производительности по обессоленной воде.

Деаэратор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат диаметром 720 мм и высотой 2870 мм с внутренними устройствами в виде насадки из цилиндрических обечаек и пенно-барботажной решётки для осуществления глубокой деаэрации исходной воды. Подвод воды осуществляется через форсунки. Материальное исполнение: корпус из углеродистой стали, узлы и детали из стали 08Х22Н6Т (12Х18Н10Т).[5]

Техническая характеристика деаэратора:

расход деаэрируемой воды, т/ч	15;
расход вентиляционного пара, кг/ч	200;
рабочее давление, кПа	7-12;
рабочая температура, °С	40-60;
вес деаэратора, т:	
сухого	0,61;
в рабочем состоянии	1,5;

9.3. Головной подогреватель.

Головной подогреватель рассчитывается исходя из полученных данных при тепловом расчете:

Расход циркуляционной воды $G_{ц.в.} - 330 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Температура циркуляционной воды (вход/выход) $t_{ц.в.} = 59,6/70 \text{ }^\circ\text{C}$;

Расход греющего пара $G_{г.п.} - 5,2 \text{ т/ч}$;

Температура греющего пара $t_{г.п.} = 59,6/70 \text{ }^\circ\text{C}$;

Давление греющего пара $t_{г.п.} = 300 \text{ кПа}$.

Поверхность теплообменника:

$$F = Q / K \Delta t_{cp}$$

Тепловая нагрузка:

$$Q = G_{г.п.} * r ; \text{ где } r - 2164 \text{ КДж/кг.}$$

$$Q = 1.44 * 2164 = 3116 \text{ кВт.}$$

K – коэффициент теплопередачи от конденсирующегося водяного пара к воде принимаем:

$$800 \text{ Вт/м}^2 * \text{K};$$

Средний температурный напор:



Рисунок 22- Средний температурный напор.

При изменении агрегатного состояния теплоносителя его температура постоянна вдоль всей поверхности теплопередачи и равна температуре кипения (или конденсации).

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{cp} = \Delta t_b + \Delta t_m / 2 = (140 - 59,6) + (140 - 70) / 2 = 75,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

Поверхность теплообмена:

$$F = 3116 / 0,8 * 75,2 = 51,8 \text{ м}^2;$$

С учетом загрязнения поверхности теплообмена берем коэф. Запаса 13-15%.

Исходя из площади теплообмена принимаем стандартизированный теплообменник типа 600ККВ-1,6-М1-С/25Г-3-2-У-И ТУ 26-02-1090-88 поверхностью теплообмена 58 м². [5]

9.4. Вакуумный конденсатор.

Для поддержания нормальной вентиляции парового пространства отвод пара из испарителя должен составлять порядка 2% от общей производительности установки по обессоленной воде, т.е около 300 кг/ч (0,083 кг/с);

Поверхность теплообменника:

$$F = Q / K \Delta t_{\text{ср}} ;$$

Общая тепловая нагрузка:

$Q = G_{\text{г.п}} * r$; где r – 2412 КДж/кг (удельная теплота парообразования в последней ступени при 38,3 °С);

$$Q = 0,083 * 2412 = 200 \text{ кВт};$$

K – коэффициент теплопередачи от смеси конденсирующегося водяного пара и газов к воде принимаем:

$$400 \text{ Вт/м}^2 * \text{К}$$

Средний температурный напор:



Рисунок 23- Средний температурный напор.

При изменении агрегатного состояния теплоносителя его температура постоянна вдоль всей поверхности теплопередачи и равна температуре кипения (или конденсации).

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}} / 2 = (38 - 20) + (38 - 30) / 2 = 13 \text{ °С}$$

Поверхность теплообмена:

$$F = 200 / 0,4 * 13 = 38,5 \text{ м}^2.$$

Исходя из площади теплообмена принимаем стандартизированный теплообменник типа 600КВК-1-М2-Ш-3-6 поверхностью теплообмена 43 м². [5]

9.5. Насосное оборудование.

По своему назначению насосное оборудование делится на следующие группы:

циркуляционные насосы - предназначены для перемещения циркуляционной воды в контуре и промывания раствора;

транспортные насосы - предназначены для перемещения исходной воды, дистиллята, конденсата греющего пара и охлаждающей обратной воды;

насосы-дозаторы — предназначены для дозировки реагентов в технологические потоки;

вакуумные насосы — предназначены для откачки неконденсирующихся газов и воздуха;

вентилятор — предназначен для подачи воздуха на декарбонизацию исходной воды.[5]

9.6. Емкостное оборудование.

Емкостное оборудование установки предназначено для сбора, хранения технологических сред и реагентов.

Конкретные типы сборников, их размеры определяет проектировщик на стадии рабочего проектирования.

9.7. Рекомендации по материальному исполнению аппаратов.

Выбор конструкционных материалов осуществляется в зависимости от скорости коррозии в реальных средах и режимов работы оборудования.

Головной подогреватель должен быть выполнен в материальном исполнении М1, исходя из возможности установки на нем противонакипных аппаратов УПА-2, работающих только с углеродистой сталью.

Материальное исполнение сборников — двухслойная сталь Ст 3сп+08Х18Н10Т. Материал трубопроводов— сталь 12Х18Н10Т.

Вакуумная сильфонная арматура и арматура на линиях пара и циркуляционной воды с температурой выше 80 °С должны быть в стальном исполнении, прочие — из чугуна или углеродистой стали.

Прокладки фланцевых соединений трубопроводов и аппаратов, работающих при давлении, выполнить из паронита марки ПОН, под вакуумом – из резины марки ТКМЩ. [5]

10. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность

10.1 Процессы происходящие при работе установки, основное оборудование, сырье.

Процесс получения обессоленной воды сопровождается многократно повторяемой стадией нагрева и испарения минерализованной жидкости. Это может привести к образованию отложений (накипи) на теплообменных поверхностях, нарушающих тепловой и гидравлический режим работы оборудования, требующих больших материальных и трудовых затрат на устранение последствий накипеобразований.. При работе используется пар температурой 120 С, исходная речная вода, оборотная вода. Шестиступенчатый испаритель мгновенного вскипания ИМВ производительностью 15 т/ч, вакуумный деаэратор ДВ, вакуумный конденсатор ВК, головной подогреватель ГП, циркуляционный насос Н1, насос обессоленной воды Н2, сборник обессоленной воды СБ1, сборник продувочной воды СБ2, вакуум-насос ВН, трубопроводы, арматура.

В последнее время становятся все более актуальными вопросы безопасности эксплуатации энергетического оборудования. Это, прежде всего, связано с ростом мощности, производительности и сложности оборудования. Для обслуживания установок большой производительности требуется большое количество персонала. Поэтому безопасность жизнедеятельности в основном зависит от четкого соблюдения этим персоналом разработанных мер безопасности. В результате этого на любом промышленном предприятии разрабатывается система безопасной эксплуатации какого-либо оборудования.

Как и на крупных тепловых предприятиях, в котельных и других вспомогательных цехах существуют определенные правила эксплуатации оборудования и требования к уровню подготовки обслуживающего персонала.

В данный раздел включены подразделы, посвященные анализу опасных и вредных производственных факторов и решению вопросов обеспечения защиты от выявленных факторов на основе требований действующих нормативно-технических документов.

10.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Установка и трубопроводы котельной находятся под действием избыточного давления, вакуума и температуры. Следовательно, они относятся к объектам повышенной опасности, поскольку не исключены случаи разрушения их вследствие различных факторов. Поэтому изготовление, монтаж, ремонт и обслуживание элементов, находящихся под давлением, должно производиться согласно «Требованиям устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Для безопасной работы оборудования установки, находящегося под давлением, имеются следующие приборы: манометры, вакуумметры, термометры, предохранительные клапана, запорная арматура. Предохранительные защитные устройства предназначены для автоматического отключения агрегатов при выходе какого-либо параметра оборудования за пределы допустимых значений, что исключает аварийные режимы работы.

За состоянием оборудования установки необходимо вести постоянный контроль. В случае обнаружения трещин, вспучивания стенок, пропускания газа или жидкости, а также отпотевания в сварных швах, некомплектности крепежных деталей, крышек и люков, отсутствие предохранительных устройств и других неисправностей, эксплуатация оборудования не допускается во избежание разрушения корпуса, вырывания крышек и люков и тому подобное.

Замеченные при осмотре недостатки и неполадки в работе оборудования и принятые меры для их устранения, обслуживающий

персонал записывает в эксплуатационный журнал.

На оборудовании установки врезаются вентили или краны для отбора проб или дополнительного контроля над отсутствием остаточного давления. Выходное отверстие вентиля или крана должно быть направлено в безопасное место, место отбора проб соответственно обозначается.

В соответствии с ГОСТ 14202-69 трубопроводы котельной, транспортирующие горячую воду, имеют красную окраску, транспортирующие обратную воду-зеленый цвет. Чтобы выделить вид опасности, на трубопроводы наносят предупреждающие (сигнальные) цветные кольца. Кольца красного цвета обозначают, что транспортируется взрывоопасное вещество, кольца желтого цвета, указывают на другие виды опасности.

Рабочей средой в установке является исходная речная вода, пар, конденсат.

Главными вредными источниками, влияющими на здоровье и нормальный труд обслуживающего персонала, являются:

1) Вибрации. Источники вибрации - насосы, электродвигатели. Вибрация распространяется по грунту и достигает фундамента здания, вызывая их осадку. Это может привести к разрушению расположенных на них инженерных и строительных конструкций. У человека вибрации вызывают раздражающее действие.

2) Шум. Шум создается вентиляторами, двигателями, шнеками и др. Нормированными параметрами шума являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 2000, 8000 Гц.

3) Температурные воздействия на организм человека и микроклимат на рабочем месте. Подвергнутся тепловому излучению и получить ожоги обслуживающий персонал может в результате неизолированной поверхности, продувке водоуказательных стекол, при ремонтных работах. При запуске установки представляют опасность

незакрытые вентиля отбора проб.

4) Возможность поражения электрическим током от незаземленных электроустановок, неисправности электропроводки.

5) Технологический процесс труда, который сопровождается мерами по технике безопасности труда при: перемещении грузов, при ремонте и обслуживании теплоэнергетического оборудования, при выполнении теплоизоляционных работ, при эксплуатации оборудования химводоподготовки и сосудов под давлением, организация вентиляционных работ.

Для осуществления контроля за состоянием котла производится техническое освидетельствование установки после монтажа (или реконструкции) и устанавливаются даты освидетельствования: внутренний осмотр не реже 1 раз в четыре года, гидравлическое испытание 1 раз в семь лет.

10.3 Техника безопасности

Техника безопасности - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на рабочих опасных производственных факторов. Правила по технике безопасности содержат требования от воздействия предметов и средств труда, безопасную работу машин, оборудования и инструментов, снабжение оборудования предохранительными приспособлениями.

Охрана труда – это система законодательных актов и норм, направленных на обеспечение безопасности труда и соответствующих им социально-экономических, организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий.

За охраной труда на промышленном предприятии проводят три вида надзора: ведомственный, государственный и общественный.

Ведомственный контроль осуществляется инженерно-техническими сотрудниками предприятия, на которых ложится

контроль за выполнением правил техники безопасности, организация инструктажа.

Государственный надзор охраны труда осуществляет Госгортехнадзорнадзор, сан надзор, пожарный надзор, энергонадзор. Одна из главных задач Госгортехнадзора - предупреждение травматизма и аварийности.

Общественный надзор осуществляется комиссиями и общественными инспекторами по охране труда.

Задача охраны труда - свести к минимуму вероятность поражения или заболевания рабочего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Реальные производственные условия труда характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов.

Примерами опасных и вредных производственных факторов могут послужить открытые токоведущие части оборудования, раскаленные тела, наличие емкостей с топливом, оборудование, находящееся под давлением, примеси в воздухе, неблагоприятные метеорологические условия, лучистая теплота, недостаточное освещение, вибрация, шум, электромагнитные поля, наличие вредных микроорганизмов и так далее.

Для оборудования установки водоподготовки в разделе «Требования безопасности» излагаются следующие требования:

а) к конструкции (устройству ограждений опасных элементов, блокировка включений при нерабочем состоянии и аварийном положении, система сигнализации);

б) к обеспечению на объекте стандартизации санитарно-гигиенических условий, отвечающих действующим нормам (местной вентиляции, освещению, фильтрам, защитным кожухам, экраном от радиационных, электромагнитных или тепловых воздействий, средствам снижения шума, вибраций, ультра- и инфразвука);

в) к электробезопасности (устройству электроизоляции,

защитному заземлению, отключению при перегрузках);

г) эргономические по обеспечению удобств при запуске, управлении и обслуживании, обработке и окраске поверхности в соответствии с требованиями технической эстетики;

д) к использованию сигнальной окраски и знаков безопасности;

е) к методам и средствам контроля параметров опасных и вредных производственных факторов.

Основными требованиями охраны труда, представленными при проектировании оборудования установки водоподготовки, являются: безопасность для человека, надежность и удобство эксплуатации. Безопасность оборудования обеспечивается правильным выбором принципов его действия, конструктивных решений, параметров рабочих процессов, использованием различных средств защиты. Средства защиты должны быть многофункционального типа, то есть решать несколько задач одновременно.

Надежность оборудования установки определяется вероятностью нарушения нормальной работы установки и всего вспомогательного оборудования. Большое значение в обеспечении надежности имеет прочность конструктивных элементов. Все элементы установки должны быть рассчитаны на прочность. Толщины стенок выбраны по условию прочности из стандартов на трубопроводы и листы. Конструкционная прочность оборудования установки определяется прочностными характеристиками, как материала конструкции, так и его крепежных соединений (сварные швы, резьбовые соединения), а также условиями их эксплуатации (наличие смазочного материала, коррозия под воздействием окружающей среды, наличие чрезмерного изнашивания).

10.4 Производственная санитария

Предмет санитарной охраны труда - борьба с вредностями и ее последствиями - профессиональными заболеваниями. В трудовом

процессе нагрузка в основном падает на мышечную и нервную систему человека, а окружающая обстановка (температура воздуха, влажность, загрязнения, вибрации и др.) вызывают изменения в функционировании органов дыхания, зрения, слуха, кровообращения и др. Каждый из этих факторов отрицательно влияет на работоспособность человека, повышает его утомляемость, ослабляет внимание, что ведет к повышению числа травм.

Нормы по производственной санитарии устанавливают меры индивидуальной защиты работающих от профессиональных заболеваний и производственных травм. На работах с вредными условиями труда рабочим выдается специальная одежда, - обувь и другие средства индивидуальной защиты. На работе связанной с загрязнением, рабочим выдается мыло, смывающие и обезвреживающие средства. На предприятии с вредными условиями труда выдается молоко равноценные продукты. При поступлении на работу проходят медицинский осмотр, для определения пригодности и предупреждения профессиональных заболеваний.

Для анализа и профилактики производственного травматизма, профессиональной заболеваемости важное значение имеет классификация причин. Несчастные случаи и профессиональные заболевания являются следствием неудовлетворительных условий труда, возникающих в процессе производства в результате действия опасных и вредных производственных факторов.

Можно выделить две группы факторов, определяющих состояние безопасности труда: производственно-технические и психофизиологические.

Классификация причин травматизма:

- организационные: отсутствие или некачественное проведение инструктажа, отсутствие инструкций по охране труда, нарушение правил безопасности и так далее;
- технические: несоответствие нормам безопасности конструкций технологического оборудования, оснастки и так далее;

- санитарно-гигиенические: неблагоприятные метеорологические условия, высокая концентрация вредных веществ, наличие шума и вибраций и так далее;
- психофизиологические: совершение ошибок вследствие утомляемости, напряженности и тяжести труда.

Основными признаками производственного несчастного случая являются: поражение организма работающего и внезапность, мгновенность и кратковременность события. К несчастным случаям, связанным с производством, относятся такие, которые произошли с рабочим и служащим: 1) на территории предприятия, организации учреждения;

2) вне территории предприятия по заданию администрации;

3) на транспорте предприятия с лицами его обслуживающими; а также с работниками, доставленными на место работы и обратно на транспорте предприятия.

К профессиональным заболеваниям (силикозу, кессонно или вибрационной болезни, электроофтальмии, конъюнктивиту, экземе и др.) относятся такие повреждения организма связанные с производством, которые возникли в результате длительного воздействия на работающих неблагоприятных факторов: пыли, повышенного давления, вибраций, излучений, раздражающих жидкостей и др.

Острые отравления, обмороживание, тепловые удары, произошедшие на производстве в течение коротко времени, учитываются как производственные несчастные случаи. Большая роль в изучении причин и устранении несчастных случаев и профзаболеваний, а также мероприятий по их устранению принадлежит инженерно-техническим сотрудникам. В настоящее время осуществляется комплексная механизация и автоматизация важнейших производственных процессов, которые вредно сказываются на здоровье человека и его безопасности.

В машинном зале должны быть созданы нормальные комфортные условия труда (температура воздуха 19-25⁰С, влажность не более 75%,

скорость воздуха не более 0,2 м/с). При воздействии высоких температур воздуха, интенсивного теплового излучения возможен перегрев организма, обильное потоотделение, учащение пульса и дыхания, резкая слабость, головокружение, появление судорог и теплового удара. Помещение зала водоподготовки оборудуется отоплением и вентиляцией, поддерживающими температуру в помещении.

Шум на производстве наносит большой ущерб, вредно действуя на организм человека. Поэтому борьба с шумом является важной задачей. Шумом является всякий нежелательный для человека звук.

Как правило, любое течение газа или жидкости сопровождается шумом, поэтому с повышенным аэродинамическим шумом приходится встречаться достаточно часто. К источникам аэродинамического шума относят: вихревые процессы в потоке рабочей среды, колебания среды, вызываемые неоднородностью потока. Основное снижение аэродинамических шумов достигается путем звукоизоляции источника установки глушителя.

В состав установки входит ряд насосов, которые также являются источником шума. В них причиной шума является кавитация жидкости, возникающая у поверхности лопастей при высоких окружных скоростях и недостаточном давлении на всасывании, а также работа электродвигателей. Меры борьбы с кавитационным шумом - это улучшение гидродинамических характеристик насосов и выбор оптимальных режимов их работы. Для борьбы с шумом, возникающим при гидравлических ударах, необходимо правильно эксплуатировать гидросистемы, в частности, закрытие арматуры должно происходить постепенно, а не резко.

В качестве звукопоглощающего материала в машинном зале используется капроновое волокно, минеральная вата, древесноволокнистые плиты. На эффективность звукопоглощающих

облицовок влияет высота расположения их над источником шума, а также конфигурация помещения. В низком помещении потолок и пол являются основными отражающими поверхностями.

Основными мероприятиями для борьбы с вибрациями машин и оборудования являются:

- 1) снижения вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения или ликвидации вынуждающих сил);
- 2) вибродемпфирование — увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов;
- 3) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы.

Причиной низкочастотных вибраций насосов, двигателей является неуравновешенность вращающихся элементов. Действие неуравновешенных вращающихся сил может усугубляться плохим креплением деталей, их износом в процессе эксплуатации. Устранение вибраций достигается балансировкой в соответствии с ГОСТ 22061-76.

Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются: обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, от случайного прикосновения; устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением; применением специальных электрозащитных средств -переносных приборов и приспособлений. Защита от статического электричества ведется преимущественно по двум направлениям: уменьшением генерации электрических зарядов и устранением уже образовавшихся зарядов.

Устранение зарядов статического электричества достигается, прежде всего, заземлением электрооборудования. Оно выполняется независимо от других средств защиты. Заземляющие устройства,

предназначенные для отвода статического электричества, обычно объединяются с защитными заземляющими устройствами для электрооборудования.

Для уменьшения интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей (поверхность паропровода, испаритель), а также для предотвращения ожогов при прикосновении к этим поверхностям эффективным мероприятием является теплоизоляция. По действующим санитарным нормам температура нагретых поверхностей оборудования не должна превышать 45°C.

Вентиляция предназначена для создания на рабочем месте метеорологических условий и чистоты воздушной среды, соответствующих действующим стандартам и санитарным нормам.

Вентиляция с естественным побуждением характеризуется воздухообменом за счет теплового и ветрового напоров. Организационная или регулируемая вентиляция осуществляется дефлекторами или аэрацией. Дефлекторы - это специальные насадки, которые устанавливаются над вытяжными отверстиями в крыше котельной. Назначением дефлектора является усиление вытяжки загрязненного воздуха из помещения.

10.5 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара.

Причинами пожаров при водоподготовке могут являться:

- неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки);
- конструктивные недостатки оборудования.

Основы противопожарной защиты определены стандартами ГОСТ 12.1-004-76 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1-070-76

«Взрывобезопасность».

Для предотвращения возникновения пожаров необходимы следующие меры:

- а) предотвращение образования горючей среды;
- б) предотвращение образования в горючей среде источников воспламенения;

- в) поддержание температуры и давления газа, ниже максимально допустимых значений по горючести.

Таким образом, согласно строительным нормам и правилам (СНиП 11-М2-72) участок водоподготовки является производственным объектом категории Г (несгораемые вещества и материалы). В соответствии с этим к помещению предъявляется ряд специальных требований.

Помещение установки в обязательном порядке должно иметь не менее двух выходов. Места проходов трубопроводов и кабелей, электропроводок, выполненных из стальных труб, через стены здания должны тщательно заделываться.

На участке водоподготовки в качестве средств пожаротушения применяются ручные огнетушители. С их помощью можно быстро локализовать огонь или ликвидировать очаг возгорания до прибытия пожарной команды. В котельной в качестве ручных огнетушителей могут использоваться ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, предназначенные для тушения необходимых начинающих очагов возгорания электропроводок, двигателей внутреннего сгорания и тому подобное. Углекислотные огнетушители нельзя применять для тушения веществ, горящих без доступа воздуха.

Электрическая пожарная сигнализация служит для быстрого оповещения службы пожарной охраны о возникновении пожара в машинном зале. При необходимости пожарная сигнализация может быть совмещена с охранной сигнализацией. Система электрической пожарной сигнализации обнаруживает начальную стадию пожара и сообщает о месте его возникновения.

Также регулярно должен проводиться противопожарный инструктаж персонала.

10.6 Охрана окружающей среды

Биосфера как внешняя оболочка Земли, занятая совокупность всех живых организмов, составляет покров планеты. В результате преобразовательной деятельности человека в биосферу выбрасываются новые, несвойственные ей вещества, многие из которых оказываются активными и вредными.

К вредным веществам относятся отходы производства преобразования химической энергии топлива:

- 1) сернистых соединений SO_2 и SO_3 ;
- 2) токсичных окислов азота NO_x ;
- 3) углекислого газа CO_2 , который создает парниковый эффект;
- 4) окиси углерода CO ;
- 5) канцерогенные вещества - бенз(а)пирена $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$;
- 6) летучей золы.

Выбросы вредных веществ в атмосферу нормированы и не должны превышать пределов этого нормирования. За соблюдением данных условий следят определенные службы, которые постоянно проверяют содержание вредных веществ в атмосфере. При повышении концентрации выбросов вредных веществ на предприятие налагаются штрафы.

Наиболее опасными являются выбросы: бенз(а)пирена, сероводорода, пятиоксида ванадия и двуоксида азота.

Кроме вредных выбросов в атмосферу, промышленные предприятия являются еще и «поставщиком» сточных вод. На территории промышленных предприятий образуются сточные воды трех видов: бытовые, поверхностные и производственные.

Бытовые сточные воды предприятий образуются при эксплуатации на его территории душевых, туалетов, прачечных и

столовых. Предприятие не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на городские (районные) станции очистки.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смывания дождевой, талой и поливочной водой примесей, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений, деревьев и тому подобное); нефтепродукты (масла, бензин, керосин), используемые в двигателях транспортных средств и другое. Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа.

В результате вышеперечисленных отрицательных воздействий на окружающую среду в современном обществе резко возросла роль промышленной экологии, призванной на основе оценки степени вреда разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды.

С целью снижения концентраций вредных веществ в районах, прилегающих к котельной, сооружают высотные дымовые трубы, которые рассеивают дымовые газы в атмосфере. В качестве дополнительных средств защиты применяют: аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей. Эти средства защиты постоянно совершенствуются и широко внедряются в технологические и эксплуатационные циклы во всех отраслях народного хозяйства.

С экологической точки зрения данная установка позволяет во много раз сократить выбросы в окружающую среду, т.к. во первых при химводоподготовке на 1 кг солей нужно затратить около 7 кг химреагентов, а затем сбросить их в сточные воды. Во вторых: соли поступившие из речной воды в аппарат возвращаются обратно в стоки с продувочной водой, что говорит об их естественном происхождении без

изменения их химического состава за счет почти полного отсутствия химреагентов. Продувочная вода составляет всего лишь 15 % от общего расхода речной воды. Остальная часть выпаривается в виде дистиллята.

10.7 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация - состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

При стихийных явлениях и чрезвычайных ситуациях антропогенного происхождения возникают первичные и вторичные опасные факторы. Условно к первичным (внешним) можно отнести: обрушение зданий и сооружений, воздействия электростатических разрядов (молнии), ударной, световой и электромагнитной волн при взрыве, оползней, лавин, селей и тому подобное. Вторичными (внутренними) опасными факторами являются взрывы оборудования, открытое пламя (пожар), химическое, радиоактивное и бактериологическое воздействия, повышенная загазованность и так далее.

На котельных в состав которых входит установки водоподготовки применяется ряд мероприятий по действиям персонала в случае чрезвычайной ситуации. В частности, на котельной должен быть план эвакуации персонала; стены котельной должны быть застекленными на случай взрыва; весь персонал котельной должен пройти обучение технике безопасности и должен быть ознакомлен с порядком действий во время чрезвычайной ситуации.

10.8 Расчет освещенности помещения слесарного участка в здании участка водоподготовки.

Помещение слесарного участка имеет следующие размеры: длина $A=12$ м, ширина $B= 8$ м, высота $H= 4,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м. В помещении слесарного участка выполняются работы средней точности (наименьший размер объекта размещения $0,5\div 1,0$ мм). Контраст объекта с фоном и характеристика фона являются средними (СНиП 23-05-95), поэтому требуется создать освещенность $E= 200$ Лк [31].

Коэффициент отражения стен:

$$R_c = 30\% , \text{ для бетонных стен с окнами;}$$

Коэффициент отражения потолка:

$$R_{\pi} = 50\% , \text{ для чистых бетонных потолков;}$$

Коэффициент запаса:

$$K_z = 1,5 \text{ для светильников с люминесцентными лампами;}$$

Коэффициент неравномерности:

$$Z = 1,1 \text{ для люминесцентных ламп.}$$

10.8.1 Выбор светильников.

Светильники выбираем с люминесцентными лампами типа ОД, для которых[31]:

$$\lambda = 1,4;$$

Расстояние светильника от потолка:

$$h_c = 0,8 \text{ м;}$$

Высота светильника над полом:

$$h_{\pi} = H - h_c = 4,5 - 0,8 = 3,7 \text{ м;}$$

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_{\pi} - h_p = 3,7 - 0,8 = 2,9 \text{ м;}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,9 = 4,1 \text{ м.}$$

10.8.2 Установка светильников.

Предварительно выбираем светильники с длиной 1,23 м типа ОД. Светильники размещаем в три ряда по три штуки вдоль длины мастерской. Расстояние между светильниками принимаем 0,50м.[32]

Определение индекса помещения:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{12 \cdot 8}{4,5(12+8)} = 1,5; [31]$$

где $S = A \cdot B$ – площадь освещаемой поверхности.

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,56 \text{ для } R_c = 30\%, R_n = 50\% ;$$

Потребный световой поток ламп в каждом из рядов.

$$\Phi_{\text{л расч}} = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 96 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{18 \cdot 0,56} = 3142,5 \text{ Лм} ; [31]$$

где $n = 18$, количество ламп в светильниках.

Выбираем люминесцентные светильники с лампами типа ЛБ, мощностью $p_{\text{л}} = 40$ Вт и с потоком $\Phi_{\text{л станд}} = 3200$ Лм. [32]

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л станд}} + \Phi_{\text{л расч}}}{\Phi_{\text{л станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% , \text{ получаем:}$$

$$-10\% \leq \frac{3200 - 3142,5}{3200} \leq +20\% ;$$

$$-10\% \leq 1,7\% \leq +20\% ;$$

т.е. условие выполняется.

Электрическая мощность светильной установки.

$$N = n \cdot p_{\text{л}} = 18 \cdot 40 = 720 \text{ Вт.}$$

11. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

11.1 Планирование разработки проекта установки получения глобокобессоленной воды для подпитки барабанных котлов

Выделим основные этапы выполнения проекта и определим время и количество человек, необходимые для выполнения каждой части. Результаты занесем в таблицу 8.

Таблица 8-График выполнения проекта

№ п/п	Содержание работы	Оценка длительности в неделях	Потребная численность, человек
1	Ознакомление с исходными данными, изучение литературы по теме	1	3
2	Математическое описание моделей элементов схемы	1	2
3	Расчет температур расходов, теплофизических свойств рабочих потоков	1	1
4	Расчет уровней циркуляционной воды, качества дистиллята	1	1
5	Гидравлический расчет контуров циркулирующих потоков	2	1
6	Расчет и выбор схемы вакуумирования	1	2
7	Описание и обоснование выбранной конструкции	1	2
8	Выбор вспомогательного теплообменного оборудования	1	2
9	Разработка инструкций по эксплуатации	2	1
10	Разработка рабочей документации	2	2
11	Составление отчета	2	2

В выполнении проекта участвуют три человека: один – руководитель проекта, и двое – исполнители проекта.

11.2 Расчет затрат и договорной цены на проектирование и проведение НИОКР

Затраты на проектирование и НИОКР подразделяются на капитальные (единовременные) и текущие. Капитальные затраты на НИР включают в себя: стоимость оборудования, приборов, необходимых для проведения исследований и проектных работ.

Состав текущих затрат: заработная плата, начисления на заработную плату, командировочные расходы, затраты на проектирование и конструирование изделий.

Определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой используются действующие рыночные цены, а так же данные производственных и научно-исследовательских подразделений.

Затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

1. Материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов).
2. Затраты на оплату труда.
3. Отчисления на социальные нужды (единый социальный налог).
4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов.
5. Прочие затраты.

Материальные затраты

Этот раздел отражает стоимость, приобретенных со стороны, сырья и материалов, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при проведении работ.

Основными затратами в этом разделе являются канцелярские товары, используемые при проведении расчетов (таблица 9).

Таблица 9-Основные материальные затраты при проведении расчетов

Наименование	Количество	Общая стоимость, руб
Бумага писчая	500 листов	450
Бумага формата А3 для черновых чертежей	25 листов	750
Бумага формата А3 для чертежей	15 листов	550
Краска для принтера	1 картридж	600
Прочее		400
Всего		2750

Затраты на оплату труда

В состав затрат на оплату труда включаются: выплаты заработной платы за фактически выполненные работы, исходя из сдельных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда; выплаты стимулирующего характера по системным положениям; выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда; оплата в соответствии с действующим законодательством очередных и дополнительных отпусков; оплата труда работников, не состоящих в штате предприятия за выполнение ими работ по заключенным договорам.

При выполнении проекта на базе ООО НПФ «Сибэкотех» заработная плата рассчитывается следующим образом:

Месячная заработная плата работника 11 разряда (руководителя):

$$ЗП_{ЗПЛ}^{15} = (ЗП_{баз} + 3000) \cdot K_{район};$$

где $ЗП_{баз}$ - базовая заработная плата, для работника 11 разряда

$$ЗП_{баз} = 10500 \text{ руб / мес};$$

$K_{район}$ - районный коэффициент.

$$ЗП^{15} = (10500 + 3000) \cdot 1,5 = 20250 \text{ руб./мес};$$

Месячная заработная плата работника 4-го разряда:

$$ЗП^9 = ЗП_{баз} \cdot K_{район};$$

$$3П^9 = 6500 \cdot 1,5 = 9750 \text{ руб./мес};$$

Всего затрат на оплату труда в месяц:

$$3П^{МЕС} = 3П^{15} + 3П^9 \cdot 2 = 20500 + 9750 \cdot 2 = 39750 \text{ руб./мес};$$

Всего за время проведения работы (время работы над проектом отопления и вентиляции производственного корпуса составило 3,8 мес. по графику выполнения работ):

$$C_{3ПЛ}^{\Sigma} = 3П^{МЕС} \cdot T = 39750 \cdot 3,8 = 155025 \text{ руб};$$

Отчисления на социальные нужды.

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (26%) от затрат на оплату труда:

$$C_{СОЦ}^{МЕС} = 0,26 \cdot C_{3ПЛ}^{МЕС} = 0,26 \cdot 39750 = 8957 \text{ руб./мес};$$

Всего за время проведения работы: $C_{СОЦ}^{\Sigma} = C_{СОЦ}^{МЕС} \cdot T = 8957 \cdot 4,5 = 40307 \text{ руб};$

Амортизация основных фондов и нематериальных активов.

Отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, рассчитанную исходя из балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер) и печатающее устройство (принтер), таблица 10.

Таблица 10-Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество	Общая стоимость	Норма амортизации
Компьютер	3	90000	20%
Принтер	1	10000	20%

Амортизационные отчисления найдем по формуле:

$$И_{АМ} = \Phi \cdot H_{АМ} \cdot \frac{T}{12};$$

где Φ -стоимость основных фондов;

$$H_{AM} - \text{норма амортизации}; H_{AM} = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\%;$$

$$H_{AM} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%;$$

T_{cl} – срок службы; принимаем $T_{cl}=5$ лет(компьютер), $T_{cl}=5$ лет (принтер);

T - время использования основных фондов.

$$I_{AM}^{КОМП} = 90000 \cdot 0,20 \cdot \frac{4,5}{12} = 6750 \text{ руб};$$

$$I_{AM}^{ПР} = 10000 \cdot 0,2 \cdot \frac{4,5}{12} = 750 \text{ руб};$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$I_{AM.OCH}^{\Sigma} = I_{AM}^{КОМП} + I_{AM}^{ПР} = 6750 + 750 = 7500 \text{ руб};$$

К нематериальным активам относятся нематериальные объекты, используемые в течении долгосрочного периода в хозяйственной деятельности и приносящие доход: патенты, лицензии, программные продукты.

При выполнении проекта используются следующие программные продукты: MicrosoftOffice 2007, AutoCAD 2010 Commercial SLM, HerzC.O. версия 3.59 (программа для гидравлического расчета системы отопления)(таблица 11).

Таблица 11-Программные продукты, используемые при выполнении проекта

Вид продукта	Стоимость	Норма амортизации
MicrosoftOffice 2007	6000	25%
AutoCAD 2010 Commercial SLM	15000	
Herz C.O. версия 3.5	3000	

Амортизация нематериальных активов:

$$I_{AM}^{ПРОГ} = \Sigma C \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12} = (6000 + 15000 + 3000) \cdot 0,25 \cdot \frac{4,5}{12} = 2250 \text{ руб};$$

$$H_{AM} = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\%;$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_{AM}^{\Sigma} = I_{AM.OCH}^{\Sigma} + I_{AM}^{ПРОГ} = 7500 + 2250 = 9750 \text{ руб};$$

Прочие затраты.

К прочим затратам себестоимости проекта относятся налоги, отчисления во внебюджетные фонды, оплата электрической и тепловой энергии, вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, затраты на командировки и т.д. Прочие затраты рассчитаем как 20% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды и амортизационных отчислений:

$$C_{ПП} = 0,2 \cdot (C_{МАТ} + C_{ЗПЛ}^{\Sigma} + C_{СОЦ}^{\Sigma} + I_{AM}^{\Sigma}) = 0,2 \cdot (3350 + 155025 + 40307 + 9750) = 41686 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

При выполнении проекта на базе ООО НПФ «Сибэкотех» , в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются от затрат на оплату труда:

$$C_{НР} = 1,8 \cdot C_{ЗП}^{\Sigma} = 1,8 \cdot 155025 = 279045 \text{ руб};$$

Договорная цена.

Договорная цена должна обеспечить получение прибыли, достаточной для отчисления средств в виде налогов и фиксированных платежей в специальные фонды и бюджеты разного уровня, а также для развития предприятия-разработчика и поощрения исполнителей.

Величина договорной цены должна устанавливаться с учетом эффективности, качества и сроков исполнения разработки на уровне, отвечающем экономическим интересам заказчика и исполнителя.

Договорная цена рассчитывается по формуле:

$$Ц_{Д} = C_{ПЛ} \cdot K_{ПР}^H \cdot K_{РЫН}, \text{руб.};$$

где $C_{ПЛ}$ – плановая себестоимость разработки:

$$C_{пл} = 3350 + 155025 + 40307 + 9750 + 41686 + 279045 = 529163 \text{ руб.};$$

$K_{пп}^H$ - коэффициент, учитывающий нормативную рентабельность предприятия-разработчика, $K_{пп}^H = 1,1$;

$K_{рын}$ - коэффициент, учитывающий научно-технический уровень разработки, $K_{рын} = 1,3$;

$$Ц_d = 529163 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 756703 \text{ руб.};$$

Время работы над проектом отопления и вентиляции производственного корпуса 3,8 мес.

Полученные результаты по всем пунктам занесем в таблицу 12.

Таблица 12- Смета затрат

Элементы затрат	Сумма затрат,руб.
1 Материальные затраты	3350
2 Затраты на оплату труда	155025
3 Отчисления на социальные нужды	40307
4 Амортизация основных фондов и нематериальных активов	9750
5 Прочие затраты	41686
6 Накладные расходы	279045
7 Итого себестоимость разработки	529163
8 Прибыль	277528
9 Договорная цена	756703

11.3 Капитальные вложения

Одной из основных целей проекта являлось экономическое сравнение химводоподготовленной и термически обессоленной воды.

Средняя цена на 04.16г. химочищенной воды составляет 20,53 руб./т.

3 испарителя мгновенного вскипания Н720-1К в полной заводской готовности – 6 600 000 руб;

Головной подогреватель 600ККВ-1,6-М1 – 600 000 руб;

Вакуумный конденсатор 600КВК-1-М2-Ш-3-6 – 430 000 руб;

Сборник обессоленной воды – 150 000 руб.;

Насосное оборудование – 100 000 руб.;

КИП и автоматика – 1 500 000 руб.;

Прочие непредвиденные расходы – 300 000 руб.;

Монтажные и пусконаладочные работы – 2 850 000 руб.;

ИТОГО стоимость установки «под ключ» - 12 530 000 руб. ;

Цены указаны с учетом НДС.

Удельные капитальные вложения:

Срок службы установки – 20 лет.

Уд.кап. вложения на 1т дистиллята определяются как отношение стоимости установки к кол-ву часов работы.

$$\text{Уд.кап.вл} = 12\,530\,000 / 20 / 330 / 24 / 15 = 5,27 \text{руб/т.}$$

11.4 Эксплуатационные затраты

В качестве основного теплоносителя в установке используется пар с температурой $>120^{\circ}\text{C}$. Одно из условий работы установки с экономической точки зрения является наличие на производстве сбросного пара или иного тепла. Себестоимость сбросного тепла равна 0

Стоимость речной воды 1,8 руб./т.

Общий расход воды на установку (дистиллят+продувка)=80 т/ч.

$1,8 * 20/15 = 2,4 \text{руб/т};$

Электрическая энергия:

Фактическая потребляемая мощность насосов:

Н1 (Д320-50-УЛ х 4) – 55 кВт;

Н2 (К65-50-160) – 3,4 кВт;

ВН (В ВН1-3) – 4,95 кВт;

Стоимость 1 кВт на 04.16г. на промпредприятии – 4,2 руб./кВт.

Общая стоимость электроэнергии на 1 т дистиллята:

$(55+3,4+4,95) * 4,2 / 15 = 17,74$ руб./т;

Заработная плата:

За контролем работы установки предполагается один рабочий в смену.

Средняя заработная плата 25 тыс. руб.

$25\ 000 * 3 * 1,34 = 100\ 500$ руб.

Месячная выработка дистиллята $15*24*30 = 10\ 800$ т.

Заработная плата на 1 т дистиллята $100\ 500/10\ 800 = 9,3$ руб./т.

Итого средняя стоимость 1 т дистиллята = $5,27 + 2,4 + 17,74 + 9,3 = 42,38$ руб./т.

Срок окупаемости установки.

$T = 12\ 530\ 000 / 61,81 * 10\ 800 * 12 = 1,6$ года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установка представленная в дипломном проекте предназначена для получения из речной воды глубоко-обессоленной воды с параметрами качества, предъявляемых для подпиточной воды барабанных котлов.

В данной работе был проведен тепловой, материальный и гидравлический расчет установки, а так же технико-экономическое обоснование.

Разработан и конструктивно представлен испаритель мгновенного вскипания который можно использовать, как отдельный аппарат или на его основе конструировать линейку аналогичных аппаратов различной производительности.

В экономическом плане при наличии бросового пара на производстве установка окупает себя за 1.5-2 года эксплуатации, а в дальнейшем экономия на водоподготовке достигает более чем двух кратной величины.

Одно из преимуществ установки является возможность использования ВЭР в круглогодичном режиме.

С экологической точки зрения данная установка позволяет во много раз сократить выбросы в окружающую среду, т.к во первых при химводоподготовке на 1 кг солей нужно затратить около 7 кг химреагентов, а затем сбросить их в сточные воды. Во вторых: соли поступившие из речной воды в аппарат возвращаются обратно в стоки с продувочной водой, что говорит об их естественном происхождении без изменения их химического состава за счет почти полного отсутствия химреагентов. Продувочная вода составляет всего лишь 15 % от общего расхода речной воды. Остальная часть выпаривается в виде дистиллята.

Установка показала себя с лучшей стороны и в плане потерь тепла в окружающую среду. Это объясняется регенерацией т.е возвратом части упаренной воды из последней ступени испарительного пространства в 4-ю ступень конденсатора. Температура около 40 градусов после последней ступени позволяет конденсировать вторичный пар в первых четырех ступенях в следствии чего на головной подогреватель идет уже нагретый концентрат до 60-70 градусов. Это как раз и позволяет снизить расход тепла на подогрев жидкости в головном подогревателе.

CONCLUSION

Installation presented in the thesis project is designed to produce water of a river deep desalted water quality parameters, requirements for feed water drum boilers.

In this work was carried out thermal, material and hydraulic calculation of the installation, as well as a feasibility study.

Developed and presented constructively instant boiling evaporator which can be used as a standalone unit or on the basis of its design line of similar devices of various capacities.

In economic terms, the presence of a pair of junk in the production installation pays for itself over 1.5-2 years of operation, and further savings in water treatment reaches more than two times the value.

One of the advantages of the installation is the use of RES in the year-round. From an environmental point of view, this setting allows you many times to reduce emissions into the environment, because in the first place at the water treatment 1 kg of salt is necessary to spend about 7 kg of chemicals, and then throw them in the waste water. Second: salt received from the river water into the unit back into the purge effluent from the water, which speaks of their natural origin without changing their chemical composition due to the almost total absence of chemicals. Purge the water is only 15% of the total flow of river water. The remaining portion of distillate evaporated.

Installing showed its best side in terms of heat loss to the environment. This is due to regeneration ie returning the evaporated portion of water from the last stage of the evaporation space of the 4th stage of the condenser. The temperature of about 40 degrees after the last step allows you to condense the vapors in the first four steps in consequence of that on the head heater is already hot concentrate to 60-70 degrees. It is just to reduce heat consumption for heating liquid in the heater head.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

- 1 . ШЕСАРЕНКО В.И. Дистилляционные опреснительные установки. - М.: Энергия, 1980. - 248 с.
- 2 . Комплексная переработка минерализованных вод / А.Т. Пилипенко, И.Г. Вахнин, И.Т. Гороновский и др. - Киев: Наукова думка, 1984. - 284 с.
- 3 . Таубман Е.И. Выпаривание. - М.: Химия, 1982. - 328 с.
- 4 . Опыт эксплуатации дистилляционных опреснительных установок / Энергетик. - 1985. - № 6. - С. 13-14.
- 5 . Установка мгновенного вскипания для получения обессоленной воды: Отчет о патентных исследованиях / СФ НПО "Техэнергохимпром", Руководитель А.В. Попов. - 0-21878750979, С-21878750980. - Бердск, 1987. - 154 с.
- 6 . Исследовать разработать и внедрить технологию и опытное оборудование установки утилизации тепла сетевой воды производства ацетилена: Отчет / СФ НШ "Техэнергохимпром"; Руководитель В.Г. Горшков. С-03818500130; № ГР 01.82.Ю55131; Инв. № 02830052770. - Бердск, 1983. - 60 с.
- 7 . А.с. 947039 СССР МКИ С 01 В 25/027. Установка для получения желтого фосфора.
- 8 . А.с. 960128 СССР МКИ 4.С02 Г 1/20. Способ переработки надсмольных вод коксохимического производства.
- 9 . А.с. 1376295 СССР МКИ 4.В01 Д 3/06. Аппарат мгновенного вскипания
- 10 . А.с. 1443917 СССР МКИ 4.В01 Д 3/06. Многоступенчатый аппарат мгновенного вскипания.
- П. Определить возможность создания высокоэффективных процессов адиабатного выпаривания минерализованных жидкостей с использованием низкопотенциальных ВЭР: Отчет / СФ НПО "Техэнергохимпром"; Руководитель работы В.К. Шитов. - 0-23868850935; № ГР 01.86.0041042; Инв. № 028.80016257. - Бердск, 1987. - 79 с.
- 12 . Кабачник М.И., Медведь Т.Я. и др. Фосфорорганические комплексоны // Успехи химии. - 1968. - вып. 6. - С. П62-П91; Успехи химии. - 1974. - вып. 9. - С. 1554-1574.
- 13 . Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.
- 14 . Математические исследования опреснителей мгновенного вскипания при работе в переменном режиме : Отчет / НИИ ХИ 1 | Ш: № ГРУ 55.Э09. - Свердловск, 1981. - 99 с.
- 15 . Справочник химика Т. I. Общие сведения. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника. / Гл. ред. акад. АН СССР Никольский. - 3-е изд. перераб. - Л.: Химия, 1971. - 1072 с.
- 16 . Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. У.К. Киселев. М.: Энергия, 1974. - 313 с.

- 17 . Илющенко В.В.Закономерности адиабатного парообразования, уноса и сепарации влаги в опреснительных установках мгновенного вскипания :Дис. канд. техн. наук/СвердНИИЖШШ-Свердловск, 1987. - 202с.
- 18 . Агроскин И.И.,Дмитриев Г.Т.,Пикапов Ф.И.Гидравлика. -М.: Госэнергоиздат, 1950.-430с.
- 19 . Розен А.М.,Голуб СИ.,Вотинцева Т.И.К расчету транспортируемого уноса при барботаже//Теплоэнергетика.-1976.-№П.-С.59-62.
- 20 . Протодьяконов И.О.Гидромеханические основы процессов химической технологии.-Л..Химия,1987.-360с.
- 21 . Коваленко В.Ф.,Лукин Г.Я.Судовые опреснительные установки Л..Судостроение,1970.-С.186.
- 22 . Крушель Г.Е.Оборудование и предотвращение отложений в системах водяного охлаждения.-М.:Л..Государственное энергетическое издательство,1955.-224с.
- 23 . Васина Л.Г.,Большакова И.С. К методике расчета пересыщения вод по щелочным накипеобразованиям.Сб.научн.тр./Московский энерг. ин-т.-1979.-Вып.405.-С.65-72.
- 24 . Белан Ф.И.,Водоподготовка:(расчеты,примеры,задачи).- М.:Энергия, 1980.-256с.
- 25 . Макинский И.З.,Ыищенко В.В.,Гейвандов И.А.Результаты экспериментального исследования и методика растворимости сульфата кальция в морских водах, их концентратах и близких к ним по составу растворах в интервале температур 25-200 °С//Физическая химия.-1970.- Т.ХІУ; вып.8-С.2108-2109.
- 26 . Пономарева Л.В.,Лучинана Л.А.,Соснова А.В.Ингибитор комплексного действия для систем оборотного водоснабжения//Химия и технология.-1987.-Т.9; №4.-С.312-313.
- 27 . Идельчик И.Е.Справочник по гидравлическим сопротивлениям. •• М.; Л.:Госэнергоиздат,1966.-44с.
- 28 . Труб И.А.,Литвин О.П.Вакуумные деаэраторы.-М.:Энергия, 1967.- 99с.

Содержание

Введение.....	8
Исходные данные.....	11
1.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
1.1. Использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов	12
1.2. Установки мгновенного вскипания.....	13
1.3. Химизм, физико-химические основы производства и материальный баланс.....	16
2.ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
2.1. Общий принцип работы установки.....	19
2.2. Назначение ИМВ Н720-1К-02.....	20
2.3. Принцип работы испарителя Н720-1К-02.....	20
2.4. Рабочие технологические параметры установки	21
3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ.	
3.1. Математические модели элементов схемы.....	23
3.1.1. Испарительная ступень.....	23
3.1.2. Смеситель потоков.....	25
3.1.3. Разделитель потоков.....	25
3.2. Расчет температур расходов.....	26
3.2.1. Система уравнений для расчета температур и расходов.....	26
3.3. Расчет коэффициента теплопередачи в конденсаторе испарительной ступени.	28
3.3.1. Условные обозначения величин.....	28
3.3.2. Расчет коэффициента теплопередачи в конденсаторе испарителя.....	30
3.3.3. Заданные величины и параметры.....	30
3.3.4. Конструктивные параметры.....	30
3.3.5. Коэффициент теплоотдачи в трубе.....	30
3.3.6. Коэффициент теплоотдачи при конденсации пара.....	36
3.3.7. Коэффициент теплоотдачи в конденсаторе испарителя.....	36
4. Теплофизические свойства рабочих потоков.....	37
4.4.1. Теплофизические свойства исходного и упариваемого стоков.....	37
4.4.2. Свойства оборотной воды и дистиллята вычисляются по формулам для чистой воды.....	39
5. Расчет уровней циркуляционной воды.....	39
6. РАСЧЕТ КАЧЕСТВА ДИСТИЛЛЯТА.....	48
6.6.1. Качество дистиллята в испарителях.....	48
6.6.2. Эквивалентный диаметр каплеуловителя.....	51
6.6.3. Коэффициент поверхностного натяжения.....	51
6.6.4. Вспомогательные коэффициенты А и В.....	51
6.6.5. Скорость пара	51

6.6.6. Диаметр витания	52
6.6.7. Влажность пара перед каплеуловителем.....	52
6.6.8. Влажность пара после каплеуловителя.....	54
6.6.9. Плотность пара.	54
6.6.10. Солесодержание дистиллята.	54
7. Гидравлический расчет контуров циркулирующих потоков.....	56
7.1. Гидравлическое сопротивление контура циркулирующей воды...56	
7.2. Гидравлическое сопротивление контура охлаждающей воды.....59	
7.3. Расчет дроссельных шайб между ступенями испарения по линии парогазовой смеси.	60
7.4. Расчёт и выбор схемы вакуумирования.....	61
8. ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦ.....	62
8.1. Выбор схемы выпарной установки и типа испарителя.	62
9. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УСТАНОВКИ.	
9.1. Стандартное теплообменное оборудование.....	63
9.2. Деаэратор вакуумный.....	63
9.3. Головной подогреватель.	64
9.4. Вакуумный конденсатор.	65
9.5. Насосное оборудование.	66
9.6. Емкостное оборудование.....	66
9.7. Рекомендации по материальному исполнению аппаратов.....	66
10. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	
10.1. Процессы происходящие при работе установки, основное оборудование, сырье.....	67
10.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	67
10.3. Техника безопасности.....	70
10.4. Производственная санитария.....	72
10.5. Пожарная безопасность.....	76
10.6. Охрана окружающей среды.....	78
10.7. Чрезвычайные ситуации.....	79
10.8. Расчет освещенности помещения слесарного участка.....	80
10.8.1 Выбор светильников.....	81
10.8.2 Установка светильников.....	81
11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	83
11.1. Планирование разработки проекта.....	83
11.2. Расчет затрат и договорной цены на проектирование.....	68
11.3. Капитальные вложения.....	89
11.4. Эксплуатационные затраты.....	90
Заключение.....	92
Список литературы.....	95

