

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.311.22: 628.1 (574)

На правах рукописи

А.Н. Сергеева

Магистерская диссертация на соискание
академической степени магистра технических наук
по специальности 6М071700 – Теплоэнергетика

ПАВЛОДАР – 2014

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Инновационный Евразийский университет

Допущен (а) к защите:
зав. кафедрой «Энергосберегающие
технологии»,
кандидат технических наук,
_____ А.К. Кинжибекова
(подпись)
«__» _____ 20__ г

Магистерская диссертация

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ СТЕПНОГОРСКОЙ ТЭЦ
С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ**

специальность: 6М071700 – Теплоэнергетика

Магистрант _____ А.Н.Сергеева
(подпись)

Научный руководитель,
кандидат технических наук _____ А.К. Кинжибекова
(подпись)

ПАВЛОДАР – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Современные системы технического водоснабжения тепловых электростанций	8
1.1 Примеры неэффективности системы технического водоснабжения	10
1.2 Основные причины неэффективности системы технического водоснабжения и их последствия	11
1.3 Причины, определяющие наличие ограничений мощности из-за неэффективности системы технического водоснабжения	13
1.4 Причины, вызывающие рост ограничений мощности	15
1.5 Особенности подготовки питательной воды энергетических котлов	17
1.6 Этапы водоподготовки в энергетике	20
2 Анализ технического водоснабжения ТОО «Степногорская ТЭЦ»	32
2.1 Историческая справка ТОО «Степногорская ТЭЦ»	32
2.2 Характеристика системы технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ	32
2.3 Характеристика обессоливающей установки	39
2.4 Принцип действия основных узлов обессоливающей установки	46
2.5 Анализ расхода технической воды на Степногорской ТЭЦ после внедрения обратного осмоса	54
3 Разработка методов снижения расхода технической воды	60
3.1 Метод снижения расхода технической воды путём возврата промывочных вод после физической промывки узла ультрафильтрации в следующий цикл водоподготовки	60
3.2 Метод снижения расхода технической воды путём повторного использования промывочных вод в системе ГЗУ	61
3.3 Метод снижения расхода технической воды путём восстановления ранее существовавшей схемы использования циркуляционной воды в качестве исходной воды ОУ	62
3.4 Метод снижения расхода технической воды путём применения испарительной установки, создание малосточной ТЭЦ	82
3.5 Сравнительный анализ предлагаемых методов снижения расхода технической воды	86
4 Расчёт технико-экономических показателей	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	97

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей магистерской диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

1. Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года N 48;
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 18 февраля 2013 года № 146 «Об утверждении Правил аккредитации в области энергосбережения и повышения энергоэффективности»

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В магистерской диссертации использованы следующие обозначения и сокращения:

ТЭС - теплоэлектростанция;

тыс. тонн – тысяч тонн;

т.у.т.- тонн условного топлива;

т.н.т.- тонн натурального топлива

ТЭЦ- теплоэлектроцентраль;

ГРЭС – городская районная электростанция;

КПД – коэффициент полезного действия;

ТОО – товарищество с ограниченной ответственностью;

МВт - Мегаватты;

мг/м³ – миллиграмм на метр кубический;

ОУ - обессоливающая установка;

м³/ч- метр кубический в час;

мг-экв/дм³- миллиграмм эквивалент на метр кубический

ИМВ-испаритель мгновенного вскипания

БГ-Башенная градирня

В магистерской диссертации использованы следующие определения:

1. Система технического водоснабжения ТЭС - это система обеспечивающая охлаждающей водой работы турбоагрегатов с установленной мощностью и поддержание наивыгоднейшего (экономического) вакуума в конденсаторах не зависимо от изменения режимов их эксплуатации.

2. Обратный осмос-процесс, в котором с помощью [давления](#) принуждают [растворитель](#) (обычно [вода](#)) проходить через [полупроницаемую мембрану](#) из более [концентрированного](#) в менее концентрированный раствор, то есть в обратном для [осмоса](#) направлении. При этом мембрана пропускает растворитель, но не пропускает некоторые растворённые в нём вещества.

3. Мембранные методы- это методы очистки сточных вод основанные на свойствах пористых тел пропускать предпочтительнее одни вещества, чем другие. Способы мембранного разделения, используемые в технологии очистки воды, условно делятся на диализ, электродиализ, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, обратный осмос.

4. Водоподготовка - водоподготовительная установка (ВПУ) на ТЭС призвана восполнять потери водного теплоносителя в основном контуре.

5. Сухая градирня - это ребристо - трубчатый теплообменник, оснащенный вентиляторами для охлаждения теплоносителя, который циркулирует по замкнутому контуру. Охлаждение теплоносителя в этом устройстве происходит благодаря потоку уличного воздуха, нагнетаемого вентиляторами.

6. Градирня- это устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха.

ВВЕДЕНИЕ

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³ [1].

Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Большая часть воды после ее использования для технических и хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод.

Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют все страны, ученых мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

Одной из главных задач экономики в энергетике является постоянное и непрерывное повышение энергоэффективности неразрывно связано с внедрением технологий, снижающих воздействие на экологическую среду через системы топливоприготовления, газоудаления и системы технического водоснабжения.

Проблем развития энергетики много, как их преодолеть – вопрос, на который необходимо найти ответ всему научному и инженерному сообществу. Ведь от их решения зависят основные показатели работы ТЭС.

Одним из ключевых показателей эксплуатации генерирующих мощностей является эффективность использования установленной мощности электростанций, которая характеризуется коэффициентом использования установленной мощности.

Значение коэффициента использования установленной мощности зависит от многих факторов, основными из которых являются: тип установленного оборудования; количество и структура потребителя; величина тепловой нагрузки (для ТЭЦ); уровень воды в водохранилищах

(для ГЭС); конкурентность цен на электрическую и тепловую энергию; качество эксплуатации, ремонтов, реконструкций и ограничения мощности по техническому состоянию и функциональному соответствию оборудования.

Целью работы является провести анализ потребления технической воды ТОО «Степногорская ТЭЦ» с целью ресурсосбережения и повышение экологической безопасности вновь вводимого и реконструируемого водоподготовительного оборудования, путем разработки и внедрения перспективных схем, технологий и оборудования обессоливающих водоподготовительных установок добавочной воды энергоблоков.

Актуальность исследования. Одна из сложных и актуальных задач в энергетике – сокращение использования водных ресурсов. На современном этапе для большинства промышленных предприятий вопрос по снижению потребления водных ресурсов является одной из приоритетных задач, которая требует разработки определённых мероприятий, технических решений и применение инновационных технологий.

Задачи исследования:

1. рассмотреть технологическую схему потребления технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ»;
2. определить, в структуре технологического процесса распределения технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ», узкие места;
3. рассмотреть технологическую схему подготовки обессоленной воды при использовании двухступенчатой подготовки воды;
4. рассмотреть технологическую схему подготовки обессоленной воды при использовании обратноосмотической установки;
5. произвести сравнительный анализ процесса химводоподготовки при использовании двухступенчатого обессоливания подпиточной воды котлов и установки обратного осмоса с целью определения зависимости количества потребляемой технической вода от вида установленного оборудования.
6. рассмотреть методы по снижению количества потребляемой технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ»

Объектом исследования является система технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ

Научная новизна исследования. В диссертационном исследовании были получены следующие результаты:

- получена зависимость производительности обратноосмотической водоподготовительной установки от качества и температуры исходной воды;
- получена зависимость КПД станции от эффективности работы системы технического водоснабжения;
- получена зависимость количества сточных вод и сверхнормативных потерь технической воды от технического состояния и режима эксплуатации оборудования Степногорской ТЭЦ;

Практическая значимость исследования:

- результаты, полученные в работе, представляют научную и практическую значимость при эксплуатации обратноосмотических установок;

– построены графики зависимости расхода технической воды от температуры циркулирующей, воды,

– доказано, что внедрение обратноосмотической установки на Степногорской ТЭЦ привело к резкому увеличению потребления технической воды;

– доказано, что установка обратного осмоса повлекла за собой изменение технологической схемы системы технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ, это привело к снижению располагаемой мощности станции в летний период.

– доказано, что проведение капитальных ремонтов существующих градирен и установка вентиляторной градирни приведут к снижению потребления технической воды, и позволит станции нести требуемую нагрузку в летний период;

Апробация работы. По материалам работы имеется одна публикация в научном журнале «Вестник Инновационного Евразийского Университета» N1, 2014. Результаты работы докладывались на V региональной студенческой научно-практической конференции «Независимый Казахстан: развитие, реалии и перспективы» в свете Послания Президента Республики Казахстан «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» проведённой в Казахстанской инженерно-технической академии города Астана 11 апреля 2014года. Статья диссертационного исследования опубликована в научном сборнике том II.

1 Современные системы технического водоснабжения тепловых электростанций

Основная функция системы технического водоснабжения современных ТЭС - обеспечение охлаждающей водой работы турбоагрегатов с установленной мощностью и поддержание оптимального (экономического) вакуума в конденсаторах не зависимо от изменения режимов их эксплуатации. Эффективная работа зависит от сбалансированности параметров конденсаторов турбин, циркуляционных насосов, охладителей в различных сочетаниях с метеорологическими параметрами района расположения электростанции. Система технического водоснабжения электростанций обеспечивает термодинамические процессы электростанции путем передачи и рассеивания тепловой энергии в окружающей атмосфере [2] .

Водоснабжение тепловой электростанции может быть прямоточным, обратным или смешанным.

При прямоточном водоснабжении отработавшая теплая вода сбрасывается в реку, водохранилище, озеро или море на таком расстоянии от водоприемного сооружения, чтобы исключить возможность попадания в него

теплой воды. При низких температурах речной воды водоснабжение электростанций из реки может быть осуществлено по системе с подмешиванием к речной воде в маловодные периоды года отработавшей на электростанции теплой воды.

При применении системы прямоточного водоснабжения не требуется больших капиталовложений на строительство и обеспечиваются низкие и устойчивые температуры охлаждающей воды. Однако расходы воды, достаточные для прямоточного водоснабжения мощной электростанции, могут быть получены только из больших рек, на которых размещение тепловых электростанций по совокупности технико-экономических показателей (топливоснабжение, выдача электроэнергии) оправдывается лишь в редких случаях. Возможность размещения электростанций на реках ограничивается также повышенными требованиями к условиям сброса воды в водоемы, связанными с тем, что изменение температурного режима реки оказывает большое влияние на происходящие в ней биологические процессы. Поэтому стоит вопрос о переводе крупных теплоэнергетических предприятий на применение оборотного водоснабжения.

Оборотное водоснабжение применяется, если дебет (поступление) источника водоснабжения недостаточен, для прямоточной схемы или прямоточное водоснабжение не экономично из-за большого расстояния подачи воды или большой высоты подъема. При оборотной системе водоснабжения, один и тот же объем воды используется многократно.

Преимуществами оборотной системы водоснабжения являются:

- экономия воды для технических нужд предприятия, т.к. вода в системе используется многократно;

- сокращение сброса загрязнённых вод;
- уменьшение стоимости очистных сооружений.

Минусами оборотного водоснабжения применяемого для охлаждения циркуляционной воды является:

- более высокая температура охлаждающей воды;
- зависимость работы охладительных устройств от метеорологических условий (температура, относительная влажность, скорость и направление ветра);
- необходимость восполнение потерь воды в охладительных устройствах.

Потери воды при оборотной системе водоснабжения обусловлены испарением нагретой воды, механическим уносом, фильтрацией воды в грунт через платину, продувкой охладительных устройств (для поддержания необходимого солесодержания в циркуляционной воде) [3] .

Наиболее выгодной системой оборотного водоснабжения для конденсационной электростанции является система с водохранилищем-охладителем. Однако возрастающая ценность земельных участков все чаще приводит к необходимости применения для охлаждения воды на ГРЭС градирен. В таких случаях может быть применена система воздушной конденсации с радиаторными охладителями (сухими градирнями), если в

районе размещения ГРЭС не имеется источников, достаточных для подпитки системы оборотного водоснабжения.

На ТЭЦ, располагаемых, как правило, вблизи потребителей тепла в крупных городах, широко применяются системы оборотного водоснабжения с испарительными градирнями.

Существуют системы смешанного водоснабжения электростанции, когда параллельно с прямотоком в маловодные периоды включаются в работу охладители (водохранилище-охладитель, градирни или брызгальные установки) либо параллельно с водохранилищем — градирни или брызгальные установки.

Подача воды на электростанцию из реки, озера или водохранилища осуществляется блочными или центральными насосными станциями либо самотеком.

При схеме с блочными насосными станциями на каждый блок (котел-турбина) устанавливают по два циркуляционных насоса. От каждого насоса к конденсатору турбины прокладывают отдельный водовод,

В качестве циркуляционных водоводов обычно применяют тонкостенные стальные сварные трубы с ребрами жесткости.

Блочные насосные станции располагают перед фронтом машинного зала электростанции: либо непосредственно на берегу источника водоснабжения, либо на самотечном канале, подводящем воду от источника.

При значительном удалении площадки электростанции от источника водоснабжения или большой амплитуде колебаний уровня воды в водохранилище многолетнего регулирования применяют двухступенчатую перекачку охлаждающей воды; береговая насосная станция первого подъема подает воду в канал, подводящий ее на площадку электростанции, а к конденсаторам вода подается блочными насосами или насосами, установленными в машинном отделении электростанции.

При системе оборотного водоснабжения с градирнями или брызгальными бассейнами циркуляционные насосы устанавливают, как правило, в машинном отделении электростанции по два на каждую турбину. Приемные и обратные клапаны в этом случае не устанавливают, но во избежание обезвоживания конденсатора предусматривают автоматическое закрытие напорной задвижки при остановке насоса.

Подвод воды от градирен или брызгальных бассейнов к циркуляционным насосам осуществляется, как правило, по закрытым железобетонным каналам, а подача теплой воды на охладители — по напорным линиям из стальных или железобетонных труб.

Конденсаторы паровых турбин обычно располагаются на значительной высоте над уровнем земли.

Чтобы не оказаться на грани убыточности необходимо искать новые инженерные решения, увеличивающие эффективность системы технического водоснабжения [4] .

1.1 Примеры неэффективности системы технического водоснабжения

На Степногорской ТЭЦ в 2012 году на обессоливающей установке был установлен обратный осмос, в результате чего увеличилось потребление технической воды в полтора раза. Из-за неудовлетворительного состояния градирен станция не может нести требуемую электрическую нагрузку так как снижен вакуум. Немаловажную роль играет отсутствие потребителей тепловой энергии, что приводит к вынужденным мерам, к сбросу пара через клапан РОУ с теплофикационного отбора для несения требуемой нагрузки.

Другим ярким примером неэффективности системы технического водоснабжения является 3-й энергоблок Калининской АЭС. Чтобы снизить тепловое воздействие на два природных озера, здесь было принято решение построить две башенные градирни площадью орошения 10 тыс. м² каждая и производительностью 100 тыс. м³/час. Градирни должны были снять напряжение с озер, но получилось обратное. Не продуманная система гидроохладителя привела к тому, что вода, поступающая из градирен, стала подогревать воду в заливе блочных насосов, питающих станцию. Градирни не могут обеспечить тот теплосъем, на который были рассчитаны. В виду того, что тепловой нагрузки недостаточно для работы гидроохладителя, зимой градирни начинают замерзать, и их не эксплуатируют из-за боязни разрушения. Летом эксплуатируют, подогревая воду для нужд станции – ухудшая собственные экономические показатели. [5]

Другой пример – Каширская ГЭС и связанное с ее деятельностью загрязнение реки Ока. Естественный температурный фон водоема в районе станции превышен в среднем на 8-10 °С. При этом допустимое превышение по существующим экологическим требованиям – не более 5 °С. За последние 10 лет уровень реки понижается на 0,08 м в год. Электростанция использует прямоточную систему охлаждения. Это ведет к заилению водозаборных ковшей, к частым остановкам и чисткам. А это серьезно увеличивает эксплуатационные потери.

Из-за малоснежной зимы 2007-2008 г.г. ГЭС Сибири не получили необходимого количества водостоков, в результате производство энергии снизилось на 7%. Казалось бы, потеря может быть компенсирована находящимися рядом ТЭС, но это оказывается невозможно из-за ограничения установленной мощности, вызванного неправильным гидроснабжением.

Динамика ограничения мощности по ТЭС составляет 20-25% от установленной мощности.

Для ТЭС в Казахстане ситуация усугубляется Налоговым и Водным кодексом Республики Казахстан. Стоимость потребления воды растет. Для действующих электростанций – это серьезный дополнительный расход.

Чтобы не оказаться на грани убыточности необходимо искать новые инженерные решения, увеличивающие эффективность системы технического водоснабжения [6].

Неэффективная система технического водоснабжения, во-первых, ведет к ограничению установленной мощности электростанции, во-вторых, негативно влияет на окружающую среду.

1.2 Основные причины неэффективности системы технического водоснабжения и их последствия

Типовые градирни проектировались несколько десятилетий назад, когда были другие подходы и экологические требования. Зачастую они нуждаются в модернизации. При этом необходимо упор сделать на КПД всего процесса. Коэффициент использования установленной мощности – важнейший показатель для любой электростанции. Проект модернизации системы технического водоснабжения должен быть направлен на повышение мощности действующей электростанции.

На современном уровне развития национального хозяйства электростанции сталкиваются с такой проблемой как снижение потребности промышленных предприятий в производственном паре и тепле, обуславливает поддержание выработки электроэнергии за счет пропуска пара в конденсаторы турбин. Отсутствие резерва пропускной способности циркуляционных систем, недостаточное количество и охлаждающая эффективность градирен не позволяет обеспечить установленную мощность и экономичную работу электростанций. Во многих случаях турбоагрегаты работают с уменьшенной электрической нагрузкой при одновременно предельных значениях вакуума в конденсаторах.[2]

К этому следует добавить значительные изменения во времени в составе и режимах работы основного оборудования, эксплуатационные ухудшения основного оборудования, оборудования и конструкций систем технического водоснабжения.

Анализ результатов обследований и технологических испытаний градирен и систем технического водоснабжения, выявили, что охлаждение воды в системах хуже нормативного в среднем на 2-10°C, а недостаток воды для обеспечения охлаждения расчетных объемов пара в конденсаторах турбин составляет 30-40% [7] .

Ограничения мощности тепловых электростанций представляют собой серьезную проблему в процессе производства электрической энергии и не только как фактор, снижающий установленную мощность генерирующего агрегата (электростанции), а и как одна из причин снижающая надежность и ухудшающая экономичность работы всего оборудования ТЭС.

Большие значения ограничений мощности, в общей их структуре, имеют ограничения из-за недостаточного промышленного теплопотребления, количества охлаждающей воды и высоких значений ее температуры.

Ограничения из-за недостаточного теплопотребления, по существу зависят от циркуляционных систем технического водоснабжения, так как часто охлаждение и конденсация неиспользуемого в регулируемых отборах

пара и дополнительная выработка электроэнергии в конденсационном режиме не обеспечены охлаждающей водой. Недостаток воды и высокие значения ее температуры, как правило, одновременно ухудшают вакуум в конденсаторах и снижают экономичность оборудования в эксплуатационных режимах.

Наибольшие ограничения возникают в неотопительный период, в период снижения теплопотребления и увеличения выработки электроэнергии в конденсационном режиме или режиме с малым объемом регулируемых отборов пара.

К названным проблемам следует добавить постоянно возрастающую роль электростанций в тепловых и биологических загрязнениях атмосферы и водоемов, растущую плату за пользование водными ресурсами.

Многие станции для решения проблем с техническим водоснабжением разрабатывают проекты по модернизации и реконструкции систем так например на Усть-Каменогорской ТЭЦ провели модернизацию оборотной системы водоснабжения ТЭЦ [8].

14 августа 2012г на Усть-Каменогорской ТЭЦ запущена новая система оборотного водоснабжения с использованием вентиляторной градирни.

Новая система будет способствовать водосбережению и улучшит экологическую обстановку в бассейне реки Ульба, поскольку сброс технической воды в реку снизится на 47,9%. Ввод в эксплуатацию вентиляторной градирни позволит Усть-Каменогорской ТЭЦ увеличить выработку электроэнергии на 145 млн. кВт*ч в год.

Принцип работы новой системы охлаждения УК ТЭЦ состоит в следующем: в оборотной схеме техническая вода циркулирует по системе, забирает тепло в конденсаторах, охлаждается в Градирне и насосами вновь подается в конденсаторы. При этом обеспечивается охлаждение воды до требуемой температуры. Мощность 6-ти секционной градирни составляет 24000 м³ воды в час (4000 м³/час на одну секцию).

1.3 Причины, определяющие наличие ограничений мощности из-за неэффективности системы технического водоснабжения

Основными причинами определяющими наличие ограничений мощности из-за неэффективности системы технического водоснабжения являются:

- расчетные системные:

- а) неполные расчеты при проектировании в целом по системе, не совместимость параметров турбоагрегатов, градирен и метеорологических условий. Расчетные параметры оборудования системы технического водоснабжения не согласуются между собой.

Для обеспечения номинальной электрической мощности турбоагрегатов, в соответствии с их техническими условиями, температура охлажденной воды:

- должна быть 15 и 20 °С для обеспечения экономического вакуума в конденсаторах турбин ;
- удовлетворять условиям конденсации отработавшего пара после его расширения в паровых турбинах при давлении не более 0,12 кгс/см² или температуре насыщения 49,1 °С;
- должна быть не более 33 °С по условиям температурного режима работы вспомогательного оборудования (маслогазоохладителей) [9] .

В результате выполненных натурных испытаний циркуляционных систем технического водоснабжения и анализа работы многих ТЭЦ выявлено, что ограничения мощности связаны с двумя обстоятельствами:

- Ограничениями по температуре конденсируемого пара 49,1 °С.
- Ограничениями по температуре воды на МГО < 33 °С.

Ограничения по температуре насыщения возникают на разных турбинах в разное время в зависимости от кратности охлаждения., как правило при температуре охлаждающей воды больше 25°С и расходе пара в конденсатор больше 50-70% от номинального. При этом типовые проекты градирен рассчитаны на обеспечение второго условия по 33 °С.

На величину располагаемой мощности оказывает влияние не только характеристики турбин, конденсаторов и градирен, но и метеофакторы, основные из которых температура и влажность.

б) расчетные значения температуры охлажденной воды, в градирнях, значительно превышают значения по техническим условиям конденсаторов турбин .

Градирни, устанавливаемые на электростанциях типовые. Расчетные параметры градирен не соответствуют расчетным параметрам технических условий конденсаторов турбин и нормам технологического проектирования.

в) в одном проекте применяются гидравлически несовместимые градирни. Расчетные значения температуры охлажденной воды градирен одной и той же площади орошения, разных серий выпуска, при всех прочих равных условиях, имеют существенные отличия между собой.

г) в системных расчетах не учитываются влияния атмосферных параметров.

- Проектные:

а) Проекты не содержат необходимый объем конструкций и оборудования, обеспечивающих надежную работу систем в различных климатических условиях, различных вариантах состава и режимов работы основного оборудования. (Включаемые в проект конструкции, часто имеют отрицательные результаты их использования /сопла, оросители, водоуловители/, отсутствуют устройства обеспечения в зимних режимах и т.д.). В зимний период часто электростанциям приходится держать в работе большее количество циркуляционных насосов и градирен, чем этого требуют режимы.

б) Реализуются проекты не прошедшие экспертизу в наладочной организации

Технико-экономические обоснования не содержат полноты расчетов, проекты не соответствуют ТЭО. Например, Калининградская ТЭЦ-2. Одновременно с пуско-наладочными работами производится анализ проекта, на внесение изменений в который практически не оставлено времени.

Технические задания на проектирование не содержат полноты требований по всем разделам проекта системы технического водоснабжения и их взаимозависимости с разделами по основному оборудованию

в) Проекты не соответствуют нормам технологического проектирования и СНиПам. Несовместимы гидравлические характеристики градирен, циркуляционных насосов и конденсаторов турбин

г) Не учитываются технологические особенности сооружений и локальные метеоусловия площадки строительства;

д) Применение в проектах электростанций типовых проектов градирен, отсутствие индивидуального проектирования;

е) Типовые проекты башенных градирен имеют существенные недостатки. Конструктивное исполнение не обеспечивает расчетные условия удельных показателей расхода воздуха и плотности орошения - использование тепло массообменных конструкций с сплошными поверхностями, отсутствие воздухорегулирующих устройств.

ж) При выборе оросителей и водоуловителей из полимерных материалов не принимаются во внимание их физико-химические свойства, способы изготовления и практические результаты применения. Например, конструкции из ПВХ, кроме низкой механической прочности являются благоприятной средой для роста водорослей.

Разрушения данного типа оросителя зафиксированы в начальный период эксплуатации на ряде электростанций Ново-Зиминская ТЭЦ, Каргалинская ТЭЦ, ТЭЦ Байконурэнерго и др.

з) Конструирование градирен носит инерционный характер и базируется на устаревших проектных и конструктивных решениях. Устанавливаемые в градирях конструкции из современных полимерных материалов не имеют целостного конструкторского решения [2].

1.4 Причины, вызывающие рост ограничений мощности

Рассмотрим причины роста ограничений мощности:

а) Организационные:

Отсутствие полноты и достоверности исходной информации при принятии решения по реконструкции или строительстве по:

- проведению балансовых испытаний (энергетических обследований) систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС;

- результатам балансовых тепловых и гидравлических натурных испытаний;

- результатам расчетов нормативных характеристик градирен. Нормативные характеристики обеспечивают организацию

эксплуатационного контроля, позволяют определять экономичные режимы, достоверно рассчитывать нормативы по топливу и др.

- технико-экономическим обоснований при строительстве и реконструкции систем технического водоснабжения.
- техническим требованиям к конструкциям градирен: оросителям, водоуловителям, разбрызгивающим соплам и др.
- техническим требованиям по составу и обработке технической воды и др.

Недостоверные или неполные данные результатов исследований по причинам:

- исследования проводятся на стендах установленных не в отраслевых организациях; лабораторные исследования проводятся различными организациями на различных установках и по отличным друг от друга методам. Полученные результаты вследствие этого являются неоднозначными и приводят к не согласующимся выводам;
- стендовые испытания проводятся на установках, не имеющих полноты измеряемых параметров и условий для их проведения;
- стендовые испытания ограничены конструкциями оросителя и водоуловителя;
- испытательные стенды, на которых производятся исследования оросителей не отвечают современному уровню моделирования, не выдерживаются требования по соблюдению чистоты эксперимента и обработки полученной информации, единообразию внешних условий, температур, влажности, барометрического давления и др.;
- лабораторные исследования не определяют прочностные характеристики материала и конструкций, их долговечность и стойкость в условиях работы градири. К потребительским характеристикам также следует отнести трудоемкость работ сборки и монтажа, затраты на перевозку. Без учета этих данных не должны приниматься решения о целесообразности использования конструкций;
- результаты носят общий характер в виде относительных коэффициентов, не содержат полноты параметров для проведения расчетов, часто носят противоречивый характер. Вместо расчетных характеристик градирен выдаются эмпирические безразмерные коэффициенты;
- не выполняются нормативные документы и приказы по проведению экспертизы лабораторных исследований головными предприятиями РАО ЕЭС /Фирма ОРГРЭС/;
- нарушен алгоритм: лабораторные исследования- опытные испытания -натурные испытания – составление заключения.

Оценку оросителей градирен и сравнение их между собой НИИ производят относительным коэффициентом, не являющихся физическими величинами и имеющих разную смысловую нагрузку в оценочных формулах разных институтов.

Расчеты, выполняемые с применением данных коэффициентов, противоречивы и не подтверждаются натурными испытаниями.

Например, натурными испытаниями градирни №2 ТЭЦ-11 ОАО Мосэнерго, после ее строительства выявили уменьшенный расход воды относительно расчетного на 45 % и ухудшенный охлаждающий эффект на 4,2 °С.

б) Инженерные:

Недооценка роли инженерных работ снизила качество и объем инженерных изысканий. Часто отчеты обследований и испытаний, проекты реконструкций, проекты производства работ, носят поверхностный характер, не содержат глубокого анализа, представительных данных и расчетов. Во многих случаях имеет место низкий уровень инженерной или научной подготовки исполнителей.

Использование расчетных характеристик, не относящихся к испытываемому типу градирен, что часто искажает истинное состояние вопроса.

Ошибка в оценке в среднем составляет 2,5-3,0 °С.

Отсутствует комплексный подход по диагностике системы технического водоснабжения.

в) Эксплуатационные:

- физически и морально устаревшие трубопроводы, каналы, градирни, запорно-регулирующая арматура, их недоукомплектованность;
- использование конструкций в градирнях из материалов не соответствующим жестким условиям эксплуатации;
- отсутствие автоматизированных систем управления процессами распределения потоков воды и работой градирен в зависимости от эксплуатационных режимов и метеорологических условий;
- эксплуатация систем с неэффективным распределением тепловых и гидравлических потоков;
- проведение высокочрезвычайных ремонтов и реконструкций на основании документов, не содержащих всего объема измеренных и рассчитанных параметров, обоснования повышения эффективности и надежности;
- выполнение реконструкций устаревших типов железобетонных градирен с нулевой балансовой стоимостью практически по цене нового строительства, без гарантии их долговечности;
- ремонт и реконструкция градирен по проектам низкого качества и с применением конструкций, не имеющих результатов представительных испытаний или имеющих отрицательные результаты [10] .

Проблемы возникающие в системе технического водоснабжения распределяющуюся на охлаждение оборудования не единственная на наших станциях ведь многие станции используют техническую воду для питания паровых котлов. Для удовлетворения норм качества предъявляемых к

питательной воде котлоагрегатов на станциях применяются установки по химводоподготовке подпиточной обессоленной воды.

1.5 Особенности подготовки питательной воды энергетических котлов

Все паровые котлы с естественной и многократной принудительной циркуляцией паропроизводительностью 0,7 т/ч и более, все паровые прямоточные котлы независимо от паропроизводительности, а также все водогрейные котлы должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды.

Подпитка сырой водой котлов, оборудованных устройствами для докотловой обработки воды, не допускается.

Выбор способа обработки воды для питания котлов должен проводиться специализированной организацией.

Каждый случай подпитки котлов сырой водой должен фиксироваться в журнале по водоподготовке (водно-химическому режиму) с указанием длительности подпитки и качества питательной воды в этот период»

Внутрикотловая обработка питательной воды возможна: для неэкранированных котлов паропроизводительностью $< 0,7$ т/ч и давлением пара < 14 кгс/см² (1,4 МПа), работающих на твердом топливе, для газотрубных и жаротрубных котлов, работающих на твердом топливе. Жесткость питательной воды в этих случаях не должна превышать 3 мг-экв/л.

Во избежание трех основных проблем в системе питательных трубопроводов котла - возникновения отложений, коррозии и появления примесей в рециркуляционной воде - последовательность обработки воды должна быть определена в зависимости от вида и концентрации обнаруженных в водном источнике загрязняющих веществ, а так же от требований, предъявляемых к качеству очистки воды.

Когда состояние равновесия растворенных ионов в воде, контактирующей с поверхностями оборудования нарушается, вследствие нагрева, на любой контактирующей с водой поверхности, в первую очередь, на трубах котлов, возможно образование отложений, в частности, накипи.

Любое загрязняющее вещество характеризуется определенной растворимостью в воде и в случае превышения предела растворимости выпадает в осадок. Если вода находится в контакте с горячей поверхностью, а растворимость загрязняющего вещества при повышении температуры снижается, то происходит осаждение этого вещества на поверхность, что является причиной образования накипи. Образующиеся отложения чаще всего состоят из фосфатов, карбонатов, силикатов, гидроксидов кальция и магния, оксидов железа и алюминия.

При высоких температурах, какие имеют место в котлах, отложения представляют собой серьезную проблему, которая становится причиной нарушения теплопередачи и может привести к разрушению труб котла. В

котлах низкого давления с низким коэффициентом теплопередачи, образующиеся отложения могут полностью закупорить трубу котла.

Отложения накипи так же вызывают снижение КПД котла и перерасход топлива (рисунок 1).

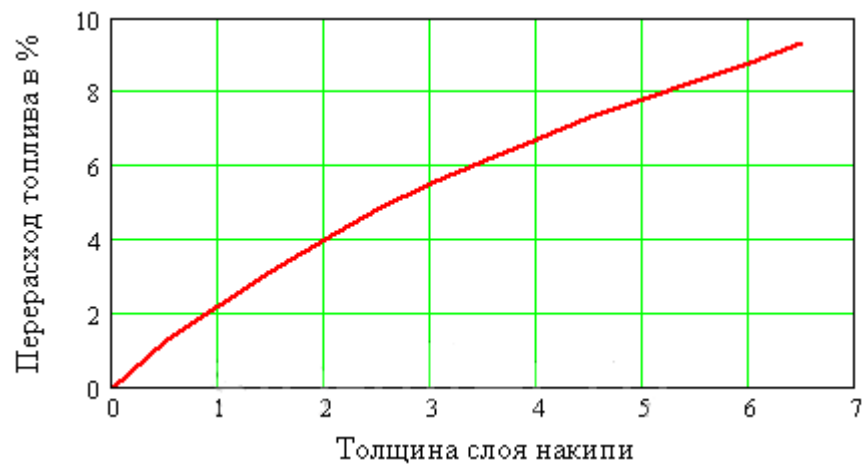


Рисунок 1 - Влияние толщины на перерасход топлива в котле

Вторым негативным моментом в эксплуатации является перегрев стенки труб (рисунок 2) в котле, после чего обычно происходит их прогорание. Это наиболее частая причина выхода из строя котельного оборудования.

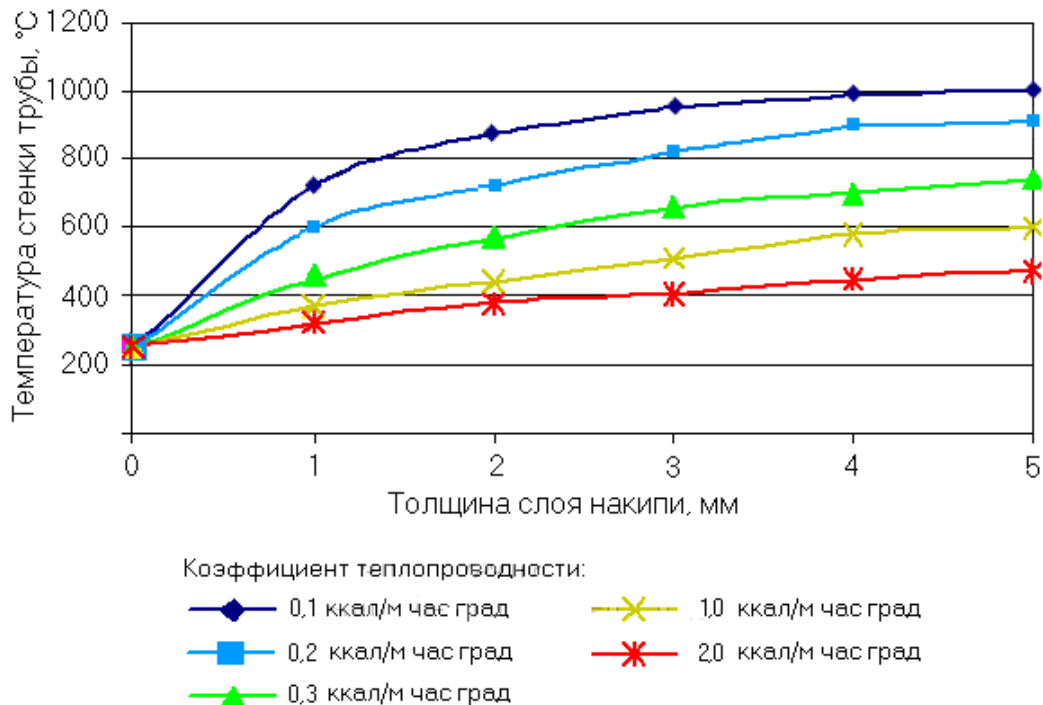


Рисунок 2 - Зависимость температуры стенки трубы от толщины накипи

Вторая большая проблема, которая возникает в котлах и имеет отношение к воде, - это коррозия; чаще всего коррозия стали, обусловленная различной концентрацией кислорода. Коррозия имеет место в системах

подготовки котловой воды, котлах, линиях возврата конденсата и практически в любой части парового цикла, где присутствует кислород. При высокой температуре и низком значении pH коррозионный процесс в присутствии кислорода протекает с более высокой скоростью. Реже встречается щелочная коррозия, которая может возникать в котлах высокого давления, где вследствие наличия пористых отложений на отдельном участке образования пузырьков пара может иметь место высокая концентрация гидроксида натрия (щелочи).

Некоторые химические комплексоны, используемые для обработки питательной воды, в случае неправильного использования могут вызвать коррозию трубопроводов питательной воды, регулирующей арматуры и даже внутрикотельных устройств котла [11].

Водоподготовка воды на ТЭЦ, это то, на чем нельзя экономить, ведь сохранность приборов, их долговечность и надежная эксплуатация играют огромную роль. Очищенное от накипи оборудование, трубы, котлы работают на 20-40 процентов эффективнее, чем оборудование не прошедшее очистку или работающее без системы умягчения.

Отложение солей CaCO_3 на поверхностях нагрева обусловлено в основном следующими причинами:

- 1) в оборотных системах за счёт упаривания растёт концентрация солей карбонатной жёсткости;
- 2) в воде при нагревании снижается концентрация CO_2 и бикарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ переходит в карбонат кальция (CaCO_3), выпадающий в осадок;
- 3) в результате повышения температуры циркуляционной воды происходит понижение растворимости солей временной жёсткости.

Профилактические мероприятия, приводящие к снижению низкотемпературных накипеобразований в системах технического водоснабжения ТЭС:

- продувка циркуляционной системы;
- умягчение воды известкованием (CaOH_2);
- подкисление воды;
- фосфатирование воды.

Кроме того, для борьбы с накипью применяется магнитная обработка и катионирование циркуляционной воды.

Главная особенность водоподготовки воды на ТЭЦ состоит в том, что здесь требуется глубоко обессоленная вода. Для этого нужно использовать точное автоматизированное оборудование. На таком производстве чаще всего применяют установки обратного осмоса и нанофильтрации, а также электродеионизации [12].

1.6 Этапы водоподготовки в энергетике

Первый этап включает в себя механическую очистку от всевозможных примесей. На этом этапе из воды удаляются все взвешенные примеси, вплоть

до песка и микроскопических частиц ржавчины и т.п. Это так называемая грубая очистка. После нее вода выходит чистой для глаз человека. В ней остаются только растворенные соли жесткости, железистые соединения, бактерии и вирусы и жидкие газы.

Разрабатывая систему водоподготовки воды нужно учитывать такой нюанс, как источник водопоставки. Это водопроводная вода из систем централизованного водоснабжения или это вода из первичного источника? Разница в водоподготовке состоит в том, что вода из систем водоснабжения уже прошла первичную очистку. Из нее нужно убирать только соли жесткости, и обезжелезивать при необходимости.

Вода из первичных источников - это вода абсолютно не обработанная. То есть, имеем дело с целым букетом. Здесь обязательно нужно проводить химический анализ воды, чтобы понимать с какими примесями имеем дело и какие фильтры ставить для умягчения воды и в какой последовательности.

После грубой очистки в системе идет следующий этап под названием ионообменное обессоливание. Здесь устанавливают ионообменный фильтр.

- работает на основе ионообменных процессов:

- главный элемент - ионообменная смола, которая включает в себя натрий. Он образует со смолой непрочные соединения. Как только жесткая вода на ТЭЦ попадает в такой умягчитель, то соли жесткости мгновенно выбивают натрий из структуры и прочно встают на его место. Восстанавливается такой фильтр очень просто. Картридж со смолой перемещается в бак регенерации, где находится насыщенный соляной раствор. Натрий снова занимает свое место, а соли жесткости вымываются в дренаж.

Следующий этап - это получение воды с заданными характеристиками. Здесь применяют установку водоподготовки воды на ТЭЦ. Главное ее достоинство - получение 100-процентно чистой воды, с заданными показателями щелочности, кислотности, уровнем минерализации. Если предприятию нужна техническая вода, то установка обратного осмоса создавалась именно на такие случаи.

Главной составляющей частью этой установки является полунепроницаемая мембрана. Селективность мембраны меняется, в зависимости от ее сечения можно получить воду с разными характеристиками. Эта мембрана разделяет бак на две части. В одной части находится жидкость с высоким содержанием примесей, в другой части жидкость с низким содержанием примесей. Воду запускают в высококонцентрированный раствор, она медленно просачивается через мембрану. На установку подается давление, под воздействием его вода останавливается. Потом давление резко увеличивают, и вода начинает течь обратно. Разность этих давлений называют осмотическим давлением. На выходе получается идеально чистая вода, а все отложения остаются в менее концентрированном растворе и выводятся в дренаж. К минусам этого метода водоподготовки питьевой воды можно отнести большой расход воды, вредные отходы и необходимость предподготовки воды.

Нанофильтрация по сути тот же обратный осмос, только низконапорный. Поэтому принцип действия тот же, только напор воды меньше.

Следующий этап - устранение из воды, растворенных в ней газов. Поскольку на ТЭЦ нужен чистый пар без примесей, очень важно удалить из воды, растворенные в ней кислород, водород и углекислый газ. Устранение примесей жидких газов в воде называется декарбонацией и деаэрацией. После этого этапа вода готова для подачи в котлы. Пар получается именно той концентрации и температуры, которая необходима. Никаких дополнительных очисток проводить не нужно.

На большинстве ТЭС до настоящего времени основным методом подготовки воды для питания котлов высокого (13,8 МПа) и сверхкритического давлений остается Н-ОН -ионирование по прямоточной технологии, который на сегодня, как известно, морально устарел. Физически изношено и оборудование, на котором осуществляется подготовка воды. Таким образом, назрела ситуация для перехода к более современным технологиям.

В докладе Малахова И.А. на примере внедрения технологии противоточного ионирования АПКОРЕ (США) на Новгородской ТЭЦ рассмотрены характерные технологические и экологические показатели этого и других прогрессивных методов ионообменного обессоливания, а также предложены пути их совершенствования.

Недостатками указанных ионообменных технологий являются:

- ориентация на использование импортных дорогостоящих монодисперсных смол определенного класса;
- осуществление ионообменного обессоливания в одну ступень, что существенно снижает надежность получения воды нормативного качества;
- значительные расходы серной кислоты на регенерацию фильтров;
- увеличенные расходы воды на отмывку анионитных фильтров по сравнению с расчетными. Для рассматриваемой схемы это связано с повышенным содержанием органических соединений даже после фильтров-органопоглотителей.

Учитывая существенные экологические недостатки даже наиболее прогрессивных технологий ионного обмена, автор отдает предпочтение внедрению мембранных технологий при оптимальном их сочетании с ионообменными технологиями. Установки обратноосмотического обессоливания (УОО) характеризуются сбросом только солей, извлеченных из исходной воды. Но и традиционные УОО имеют ряд экологических и технологических недостатков:

- высокие расходы сбрасываемого концентрата (25-30% от расхода получаемой обессоленной воды);
- сбросы отработанных растворов кислоты и щелочи с установки дообессоливания пермеата;
- сбросы отработанных растворов NaCl при использовании натрий-фильтров в схеме предочистки.

Для вод различного химсостава в схемах ВПУ на основе обратного осмоса, предусматривается сокращение расхода концентрата путем повышения степени концентрирования обессоливаемой воды в УОО.

Схемы на основе установок обратного осмоса, предусматривают значительное сокращение ионообменной части водоподготовки, снижение или даже исключение использования товарной NaCl для регенерации Na-катионитных фильтров, утилизацию отработанных кислых и щелочных растворов Н- ОН-фильтров обессоливания пермеата. Соответственно снижается количество сбрасываемых минерализованных стоков, уменьшается потребление дорогостоящих ионообменных смол [10].

Мембранные системы классифицируются в зависимости от рейтинга фильтрации задерживаемых частиц (микро-, ультра-, нанофильтрация, обратный осмос) и задерживают частицы размером от десятков микрон до тысячных долей микрона.

В водоподготовке используются мембраны с различными видами пористых структур.

Соответственно, разработаны и различные виды мембранных фильтрующих элементов – рулонные, трубчатые, плоскопараллельные, полволоконные. Их использование позволяет решать широкий круг задач и решать проблемы индивидуально под запросы заказчиков.

В технологии водоподготовки реализуется принцип очистки, предусматривающий поэтапное удаление от крупных коллоидных частиц к более мелким, вплоть до ионов солей (от макрофильтрации частиц размером свыше 50 мкм, до нанофильтрации и обратного осмоса, обеспечивающего задержание растворённых солей). Это позволяет работать каждому узлу установки в оптимальном для него технологическом режиме.

Стадии микро- и ультрафильтрации обеспечивают высококачественную предварительную подготовку воды и позволяют удалить примеси с молекулярной массой, опасной для работы обратного осмоса. Непосредственный процесс обессоливания производится на стадии обратного осмоса, который в свою очередь, может состоять из одной или двух ступеней по фильтрату. Вода, прошедшая первую ступень обратного осмоса, характеризуется удельной электропроводностью не более 20 мкСм/см и жёсткостью не более 0,3 мг-экв/л, после второй ступени – удельная электропроводность составляет не более 2 мкСм/см, и жёсткость не более 0,05 мг-экв/л.

Обратный осмос одной или двух ступеней по фильтрату позволяет достичь степени обессоливания воды, которая соответствует требованиям для водогрейных котлов, для подпитки систем горячего водоснабжения и для подпитки оборотной системы охлаждения.

Однако, этого уровня обессоливания недостаточно для использования воды непосредственно в парогазовых установках (турбины, котлы-утилизаторы и т.п.), вода для которых должна иметь удельную электропроводность не выше 0,1 мкСм/см, и жёсткость не более

0,001 мг-экв/л. Для достижения указанного уровня обессоливания используются два варианта технологических решений:

- дообессоливание на базе электродеионизатора;
- дообессоливание на базе ионообменной технологии.

Оба варианта дообессоливания имеют свои достоинства и недостатки, тем не менее, гарантированно обеспечивают удельную электропроводность воды не превышающую 0,1 мкСм/см.

Оптимальный выбор того или иного метода обессоливания осуществляется совместно с Заказчиком водоподготовительного оборудования после проведения окончательной технико-экономической и экологической оценки проекта, которая зависит от целого ряда сопутствующих факторов, уточняемых на стадии разработки.

Рассмотрим опыт эксплуатации установки обратного осмоса Новосибирской ТЭЦ-2

Представлены основные показатели работы обессоливающей установки подпитки котлов Новосибирской ТЭЦ-2 с использованием оборудования обратного осмоса и ионного обмена за три года эксплуатации.

Установка обратного осмоса (УОО) производительностью 100 м³/ч предназначена для подпитки энергетических котлов давлением 9,8 МПа и 13,8 МПа Новосибирской ТЭЦ-2 обессоленной водой.

В состав УОО входит следующее оборудование: механические фильтры загруженные гидроантрацитом и кварцевым песком, фильтры тонкой очистки 20 и 5 мкм, повысительные насосы GRN 64-6, 2-е мембранные обратноосмотические установки (мембраны производства фирмы «Hydranautics») производительностью по 50 м³/час каждая, катионитовые и анионитовые фильтры загруженные соответственно катионитом КУ-2-8 и анионитом АВ-17-8, узлы регенерации, нейтрализации, химической промывки мембран, ввода биоцида в исходную воду, ввода аммиака в обессоленную воду, сбора и откачки дренажных вод, система автоматического управления и контроля за работой оборудования, баки запаса обессоленной воды (БЗК). Технологические процессы на УОО полностью автоматизированы. Оборудование УОО: трубопроводы, баки, механические и ионообменные фильтры выполнены из полимерных материалов.

Исходная вода на установку обратного осмоса поступает из химического цеха ТЭЦ-2, где обрабатывается по схеме: известкование с коагуляцией в осветлителях, осветление на механических фильтрах, параллельное Н-Na – катионирование на фильтрах 1 ступени, декарбонизация, баки декарбонизированной воды. Исходной водой для химцеха является вода р. Обь.

До ввода УОО в эксплуатацию исходная вода в химическом цехе дополнительно подвергалась обработке по схеме магнизального обескремнивания в осветлителях, Na – катионированию на фильтрах II ступени. Химочищенная вода подавалась на подпитку котлов 9,8 МПа. Подпитка котлов 13,8 МПа осуществлялась конденсатом очереди 9,8 МПа.

Таким образом, наиболее экономичное оборудование 13,8 МПа нельзя было эксплуатировать без включения в работу оборудования 9,8 МПа. Проект УОО, поставка оборудования, строительные, монтажные и пуско-наладочные работы выполнены предприятием ЗАО «Роса» г. Новосибирск. Установка введена в эксплуатацию в декабре 2003 г. и расположена на отметке 0.00 турбинного цеха, у постоянного торца главного корпуса на площади $\sim 240 \text{ м}^2$. БЗК, $2'400 \text{ м}^3$, установлены отдельно. Время от составления технического задания на проектирование до ввода установки в эксплуатацию составило 7 месяцев.

Механические фильтры оборудованы верхними и нижними дренажно-распределительными устройствами щелевого типа с шириной щели 0,4 мм.

Для промывки загрузки используется вода, прошедшая очистку на механических фильтрах. Расход воды на промывку фильтров не превышает 1,2 % от расхода осветленной воды. Степень обезжелезивания составляет величину 26-30%. Во время работы механических фильтров наблюдался занос верхней щелевой дренажной системы загрязнениями как с исходной водой, из бака декарбонизованной воды химического цеха, так и мелкими фракциями антрацита при взрыхлении фильтров. Это приводило к неравномерному распределению нагрузки по механическим фильтрам и проведению дополнительных взрыхляющих промывок. По этой причине на части механических фильтров были заменены забитые лучи верхних дренажных систем.[13]

При осмотре загрузки фильтров было обнаружено, что верхний слой антрацита на 90% состоит из частиц фракцией менее 0,4 мм. То есть, при взрыхляющей промывке механического фильтра, за счет наличия верхней дренажно-распределительной системы не происходит удаление мельчайших частиц антрацита из фильтра. Целесообразно или изменить конструкцию верхней дренажно-распределительной системы или оснастить механические фильтры оборудованием для периодической гидровыгрузки фильтрующего материала и его качественной отмывки. На трубопроводах подачи химочищенной воды на УОО в химическом цехе целесообразно установить ловушки ионообменных материалов. За 3 года эксплуатации досыпки фильтрующей загрузки в фильтры не проводилось.

Отмечается увеличение времени работы фильтров тонкой очистки до их замены. Если в 2004 г. картриджи фильтров тонкой очистки на модуле № 1 менялись 15 раз, на модуле № 2 - 12 раз, то в 2005 г. на модуле № 1 картриджи 5 мкм заменялись 6 раз, 20 мкм – 3 раза, на модуле № 2 картриджи 5 мкм заменялись 5 раз, 20 мкм – 4 раза. Вероятно, это связано с сокращением выноса частиц кварцевого песка из механических фильтров, наблюдавшихся в начальный период эксплуатации УОО. Среднемесячное качество исходной воды модулей обратноосмотической установки соответствовало требованиям проектных решений, а именно: содержание жесткости до 85 мкг-экв/дм^3 , содержание растворимой кремнекислоты до 4500 мкг/дм^3 , величина рН 9,2-9,8 ед. рН, содержание натрия до 35500 мкг/дм^3 . Величина коллоидного индекса перед мембранами

УОО находилось в пределах от 1,9 до 2,67 и соответствовало нормативным требованиям.

Селективность мембран после 3 лет эксплуатации составляет величину 91,7% для модуля № 1 и 90,77% для модуля № 2. Эти показатели ниже паспортных значений селективности мембран $\sim 98\%$, и значений которые были получены через 6 месяцев после ввода УОО в эксплуатацию - 93,7-94,8%. Снижение селективности мембран повысило ионную нагрузку на ионитовые фильтры.

Концентрат модулей используется для подпитки теплосети. Собственные нужды УОО на периодическую прокачку воды через мембраны во время останова и простоя модулей составляли величину 4,0 - 15,3 % от количества исходной воды, и зависели от часовой производительности УОО. С сокращением времени простоя модулей в резерве расход воды на собственные нужды УОО уменьшался. Учитывая хорошее качество промывочных вод мембран, их количество, целесообразно указанные воды использовать повторно, для подпитки теплосети.

Антискалант (ингибитор отложения минеральных солей) в исходную воду перед мембранами не вводится, и проектом не предусматривался. Среднемесячное содержание биоцида в исходной воде модулей для дезинфекционной обработки мембран находилось на уровне ~ 1 мл/дм³. Катионитовые и анионитовые фильтры оборудованы нижними и верхними дренажно-распределительными устройствами щелевого типа с шириной щели 0,2 мм. Подвод раствора кислоты и щелочи на регенерацию выполнен снизу, через нижнее дренажно-распределительное устройство. На обработку вода в фильтры подается сверху вниз. Взрыхление ионообменного материала совмещается с операцией регенерации. При годовой обработке ~ 465000 м³ пермеата, годовой расход 100% кислоты составляет величину ~ 10700 кг, 100% щелочи ~ 7800 кг. Учитывая незначительные годовые расходы реагентов, кислота и щелочь на узел регенерации поставляется в специальных контейнерах.

Содержание натрия в исходной воде катионитовых фильтров составляло величину $\sim 1,7-2,1$ мг/дм³, после катионитовых фильтров - 18-55 мкг/дм³. В работе находилось два или четыре фильтра в зависимости от нагрузки на УОО. Продолжительность фильтроцикла $\sim 10-20$ суток, и зависит от режима работы УОО. Обменная емкость катионита составляла величину 400-900 г-экв/м³, при расходе кислоты 18-32 г/м³ обработанного пермеата. Расход обессоленной воды на собственные нужды катионитовых фильтров 0,12-0,27 %, и зависит от производительности установки. Содержание кремнекислоты в исходной воде анионитовых фильтров составляло величину $\sim 266-564$ мкг/дм³, после анионитовых фильтров 15-58 мкг/дм³. В работе находилось два или четыре фильтра. Продолжительность фильтроцикла ~ 20 суток. Обменная емкость анионита составляла величину 327-622 г-экв/м³, при расходе щелочи 13-26 г/м³ обработанной воды. Расход обессоленной воды на собственные нужды анионитовых фильтров 0,14-0,32 %, и зависит от производительности установки.[14]

В летний период, когда расход обессоленной воды на подпитку котлов низкий, УОО, а также катионитовые и анионитовые фильтры включались в работу периодически, в зависимости от уровня обессоленной воды в БЗК. Такой режим работы приводил к ухудшению технико-экономических показателей работы фильтров, в том числе качества фильтрата. Отмечается некоторое ухудшение качества фильтрата катионитовых и анионитовых фильтров после 3 лет эксплуатации. Через 6 месяцев после ввода УОО в эксплуатацию содержание натрия после катионитовых фильтров составляло величину 3-10 мкг/дм³, кремнекислоты после анионитовых фильтров 1-16 мкг/дм³. Очистка ионитов от загрязнений проектом не предусмотрена и в процессе эксплуатации не проводилась. Перманганатная окисляемость пермеата после мембран УОО не превышала 0,1 мг/дм³ О₂, содержание соединений железа до 50 мкг/дм³.

Щелевые лучи верхних дренажно-распределительных устройств катионитовых и анионитовых фильтров, а так же ионообменный материал находится в хорошем состоянии. За 3 года эксплуатации догрузок ионообменного материала в фильтры не проводилось.

Основанием для проведения химической промывки мембран являлось снижение расхода и давления концентрата и повышения давления на напоре повысительного насоса подачи воды на мембраны. При промывке использовались соляная кислота, гидроокись натрия, пероксид водорода.

Показатели работы модуля № 1 до и после проведения химической промывки приведены в таблице 1:

Таблица 1. Показатели работы модуля

Показатель	До очистки	После очистки
Давление на напоре повысительного насоса, бар	18,6	16,6
Расход концентрата, м ³ /ч	14,0	17,4
Давление концентрата, бар	7,0	9,8

Расход реагентов на проведение химической промывки одного модуля:

- соляная кислота ~3,0 литра,
- натрия гидроокись ~10 кг,
- водорода пероксид ~3,0 кг.
- расход обессоленной воды ~ 40 м³.

Время проведения химической промывки модуля ~ 6-7 часов с момента останова до включения в работу.

Отмечается существенное сокращение количества химических промывок модулей за год. Если в 2004 г. на модуле № 1 было проведено 6 химических промывок, на модуле № 2 10 промывок, то в 2005 г. на модуле № 1 было сделано 2 промывки, на модуле № 2 одна промывка. Это вызвано применением более эффективной технологии химической промывки.

Показатели работы модулей после химических промывок по давлению на напоре повысительного насоса, давлению и расходу концентрата полностью восстанавливаются и соответствуют нормативным характеристикам.

Проектная схема автоматического химического контроля предусматривала, в том числе, контроль по электропроводности фильтрата катионитовых, анионитовых фильтров и общего потока обессоленной воды.

Как показал опыт эксплуатации, нет необходимости в контроле этих показателей в полном объеме. Достаточно контролировать общий поток обессоленной воды по электропроводности и содержанию натрия. В случае ухудшения этих показателей, выполняется ручной контроль после каждого ионитного фильтра, сработавшийся фильтр выводится на регенерацию.

Основными дефектами в работе оборудования являлись: нестабильное срабатывание пневматических клапанов на механических и ионитных фильтрах, неплотности во фланцевых соединениях трубопроводов, утечка сжатого воздуха с блоков управления арматурой, занос верхних дренажных систем механических фильтров, не обеспечивается нормируемая величина рН в баках-нейтрализаторах при совместной регенерации катионитовых и анионитовых фильтров. Указанные дефекты носили единичный характер и оперативно устранялись в процессе работы.[15]

Выводы

1. УОО в течении 3-х лет работает в качестве основной водоподготовительной установки подпитки котлов в автоматическом режиме. При работе 2-х модулей обеспечивается проектная производительность установки 100 т/ч. За время эксплуатации серьезных нарушений приводящих к ограничению по выработке обессоленной воды не выявлено.

2. Качество обессоленной воды стабильно соответствует требованиям, предъявляемым ПТЭ для питания котлов давлением 13,8 МПа, а именно:

- содержание кремниевой кислоты, мкг/дм^3 - 16-61;
- содержание натрия, мкг/дм^3 - 11-36;
- удельная электрическая проводимость, мкСм/см - 0,2-0,5.

3. Система автоматизации, учитывая состояние технологического оборудования, работает надежно.

4. Себестоимость обессоленной воды УОО ниже, чем на обессоливающих установках работающих по схеме 2-х ступенчатого химического обессоливания на ТЭЦ г. Новосибирска.

5. Ввод в эксплуатацию УОО позволил повысить эффективность работы ТЭЦ-2 за счет возможности работы в основное время года только экономичного оборудования давлением 13,8 МПа, сократить

внутристанционные потери конденсата, значительно улучшить водно-химический режим ТЭЦ.

– Утилизация и очистка сточных вод.

Для промышленных предприятий актуальной является не только проблема водоподготовки, но и проблема очистки сточных вод. Сточные воды представляют собой:

- воды, образующиеся в результате непрерывной или периодической продувки котлов, испарителей, оборотных систем градирен;
- регенерационные воды (элюаты) после аппаратов ионного обмена химводоочистки;
- технологические промывные воды, образующиеся после ряда технологических операций;
- шламовые воды.

Эти воды представляют собой засоленные стоки (нейтральные, либо кислотнo-щелочные), характеризующиеся повышенным солесодержанием до 10 г/л, содержащие тяжёлые металлы, соли кальция и магния, взвешенные вещества, и нередко, нефтепродукты.

Технологии, предлагаемые ЗАО «БМТ» позволяют очистить стоки от обозначенных примесей и вернуть в технологический процесс до 95 % сточных вод в виде обессоленной воды.

Предварительная физико-химическая обработка стоков проводится с целью глубокого удаления солей кальция, магния, карбонатов и сульфатов, осаждения тяжёлых металлов и отделения нефтепродуктов. Последующая фильтрация позволяет удалить остаточные количества взвешенных частиц, а сорбционные фильтры – следовое количество органики. Подобная предварительная подготовка воды позволяет должным образом подготовить воду перед двухступенчатой по концентрату мембранной системой обессоливания и концентрирования. Двухступенчатая система мембранного концентрирования позволяет максимально уменьшить объём высокоминерализованного концентрата (в среднем, в 10, 15 раз), подаваемого на испарительную установку.

Испарительная установка позволяет получить твёрдые отходы в виде солей с влажностью около 80 %. ЗАО «БМТ» предлагает современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивающее высокую степень энергосбережения (до 80 %). Как правило, классические методы выпаривания требуют до 800 кВт электроэнергии на испарение 1 000 кг влаги из рассола. Предлагаемое ЗАО «БМТ» оборудование на основе выпаривания в вакуумной среде требует энергопотребления не более 130-150 кВт на 1000 кг испаряемой влаги. Все оборудование изготавливается из коррозионно-стойких в данной среде материалов и оснащено необходимыми приборами КИП и А.

В изложенных выше технологиях используются различные способы обессоливания: обратный осмос, ионный обмен, выпаривание. При разработке технологий для решения конкретной задачи Заказчика осуществляется математическое моделирование процессов обессоливания и

оптимизация применения тех или иных методов обессоливания по техническим и экономическим критериям. В качестве исходных данных для оптимизации лежит состав исходной воды, объёмы очищаемых сточных вод, наличие существующей системы ХВО, желаемый уровень её модернизации, требуемая Заказчиком степень сокращения сбросов и их повторного использования.

В применяемом оборудовании используются современные технологии сбережения энергетических, ресурсов, воды и реагентов, в частности:

- высоконапорные насосы на мембранных установках второй ступени по концентрату обратного осмоса работают под давлением до 6,0 МПа. Применяемые на них рекуператоры кинетической энергии концентрата позволяют снизить удельные энергозатраты с 10 кВт-ч на 1 м³ в классических насосных системах до 2,8 кВт-ч на 1 м³ обессоливаемой воды в системах с применением рекуперации;

- в технологии ионного обмена используются приёмы, позволяющие сократить количества реагентов, используемых для регенерации. Для достижения удельной электропроводности воды до 0,1 мкСм/см благодаря применению специальных технологических приёмов нет необходимости использовать дорогостоящие фильтры со смолой смешанного действия;

- в технологии термического обезвоживания (выпаривания) применяются технологии выпаривания под вакуумом, что позволяет сократить потребление электроэнергии на выработку греющего пара как минимум на 80 % по сравнению с классическими методами выпаривания.

Таким образом, современные технологии, разрабатываемые ЗАО «БМТ», позволяют решать широкий спектр задач водоподготовки и водоочистки, обеспечивают высокий уровень технологичности и экологичности процесса, низкую себестоимость получения одного кубического метра подготовленной воды [16].

Выводы: при использовании оборотной системы технического водоснабжения станции сталкиваются со следующими проблемами:

1. при неэффективной работе системы технического водоснабжения снижается располагаемая мощность электростанций за счёт сниженного вакуума.

Ограничения мощности ТЭЦ по охлаждающей воде в 2012 году составили 1400 МВт.

Среднее недоохлаждение воды в неотапительном периоде 3,6 °С. По этой причине пережог составляет 156 тыс. тонн условного топлива;

2. система технического водоснабжения имеют неэффективное распределение тепловых и гидравлических потоков ухудшающее технико-экономические показатели ТЭЦ;

3. В большей части градирен использованы конструкции ухудшающие охлаждающую способность и гидравлические характеристики системы технического водоснабжения;

4. Затраты на ремонты приближаются к стоимости нового строительства При этом ремонтные средства вкладываются в сооружения с

нулевой балансовой стоимостью и отсутствием гарантии надежности и долговечности.

Современное состояние тепловых электрических станций (ТЭС) характеризуется строительством и вводом в действие новых энергоблоков. Для восполнения потерь водного теплоносителя на новых и действующих ТЭС, как правило, вводятся новые водоподготовительные установки (ВПУ) на базе перспективных технологий и нового оборудования.

В данной работе приводятся результаты исследований перспективных схем и аппаратов водоподготовки на всех стадиях очистки природной воды: предварительная очистка (осветление), частичная деминерализация, умягчение и глубокое обессоливание на ионитах и аппаратах мембранной обработки. Основное внимание уделено исследованию новых для российских ТЭС мембранных технологий обессоливания воды.

Одной из главных задач экономики в энергетике является постоянное и непрерывное повышение энергоэффективности неразрывно связано с внедрением технологий, снижающих воздействие на экологическую среду через системы топливоприготовления, газоудаления и системы технического водоснабжения.

Проблем развития энергетики много, как их преодолеть – вопрос, на который необходимо найти ответ всему научному и инженерному сообществу. И здесь необходима интеграция всех специализированных коллективов – больших и маленьких, известных и неизвестных.

Будущее за экологически безопасной и надежной энергетикой!

2 Анализ технического водоснабжения ТОО «Степногорская ТЭЦ»

2.1 Историческая справка ТОО «Степногорская ТЭЦ»

Степногорская теплоэлектроцентраль построена в 1966 году. Установленная электрическая мощность станции составляет 180 МВт, тепловая мощность -1002 Гкал.

На сегодняшний день станция с поперечными связями имеет 6 паровых энергетических котлов и 5 водогрейных, то есть 11 котлов и 5 турбогенераторов.

Таблица 1-Состав основного оборудования ТОО «Степногорская ТЭЦ»

№ п/п	Наименование и станционный номер оборудования	Марка	Дата выпуска	Год ввода в эксплуатаци ю	Парковый ресурс (часов)
1	Котлоагрегат ст.№2	БКЗ-160-100	1963 г.	1966 г.	300000
2	Котлоагрегат ст.№3	БКЗ-160-100	1964 г.	1967 г.	300000
3	Котлоагрегат ст.№4	БКЗ-160-100	1966 г.	1969 г.	300000
4	Котлоагрегат ст.№5	БКЗ-220-100	1971 г.	1973 г.	300000
5	Котлоагрегат ст.№6	БКЗ-220-100	1971 г.	1974 г.	300000
6	Котлоагрегат ст.№7	БКЗ-220-100	1975 г.	1978 г.	300000
7	Турбогенерат.ст.№1	ПТ-25-90/10	1963 г.	1966 г.	270000
8	Турбогенерат.ст.№2	ПТ-25-90/10	1964 г.	1967 г.	270000
9	Турбогенерат.ст.№3	ПТ-25-90/10м	1990 г.	1990 г.	270000
10	Турбогенерат.ст.№4	ПТ-25-90/10м	1985 г.	1986 г.	270000
11	Турбогенерат.ст.№5	ПТ-60-90/13	1976 г.	1979 г.	270000

Основные цеха ТЭЦ: котельный, турбинный, электрический, цех топливо подачи, химический, централизованного ремонта, тепловой автоматики и измерения, ПТО, бюро организации ремонтов.

2.2 Характеристика системы технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ

Источником водоснабжения ТЭЦ является Селетинское водохранилище откуда насосами вода перекачивается на 305 сопку и далее насосами второго подъёма по трубопроводу подается на ТЭЦ по трём вводам технической воды. Два ввода (первый и второй) идут на технологические нужды котельного, турбинного, химического цеха и топливоподачи, третий ввод техводы идёт на технологические нужды водогрейной котельной. Схема распределения технической воды на технологические нужды ТЭЦ приведена на рисунке 3.

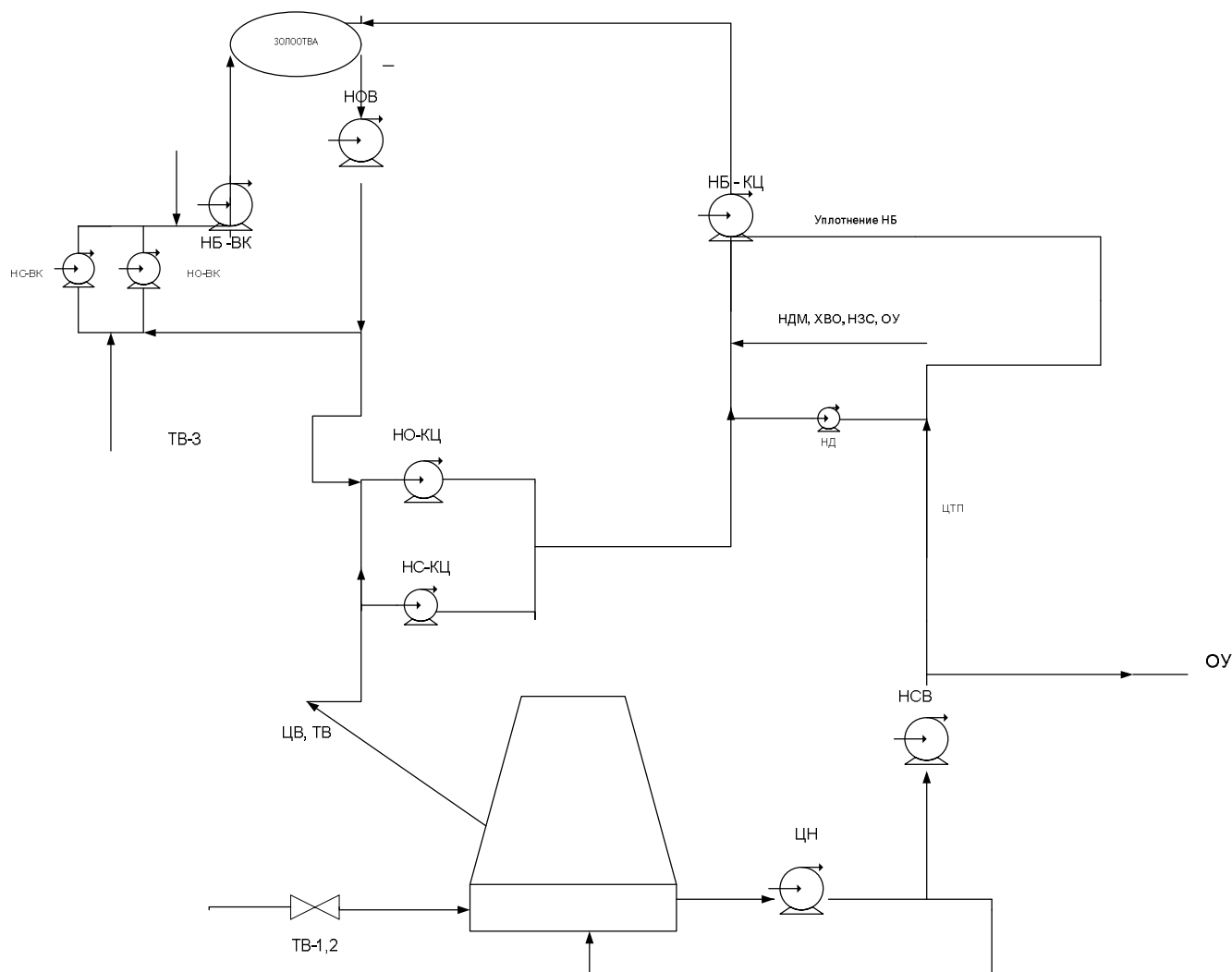


Рисунок 3 - Распределение технической воды на технологические нужды ТЭЦ

На рисунке 3 видно, что часть технической воды идёт на обессоливающую установку для приготовления питательной воды котлов, а часть технической воды поступает в циркулирующую систему. Основная функция циркулирующей системы – обеспечение охлаждающей водой работы турбоагрегатов с

На рассматриваемой станции все схемы использования технической воды являются оборотными, так как в контурах осуществляется движение одного и того же объёма, однако в силу технологического процесса неизбежны потери в циклах которые необходимо восполнять в том или ином объёме. На рисунке 4 показана схема распределения технической воды на технологический процесс производства электрической энергии.

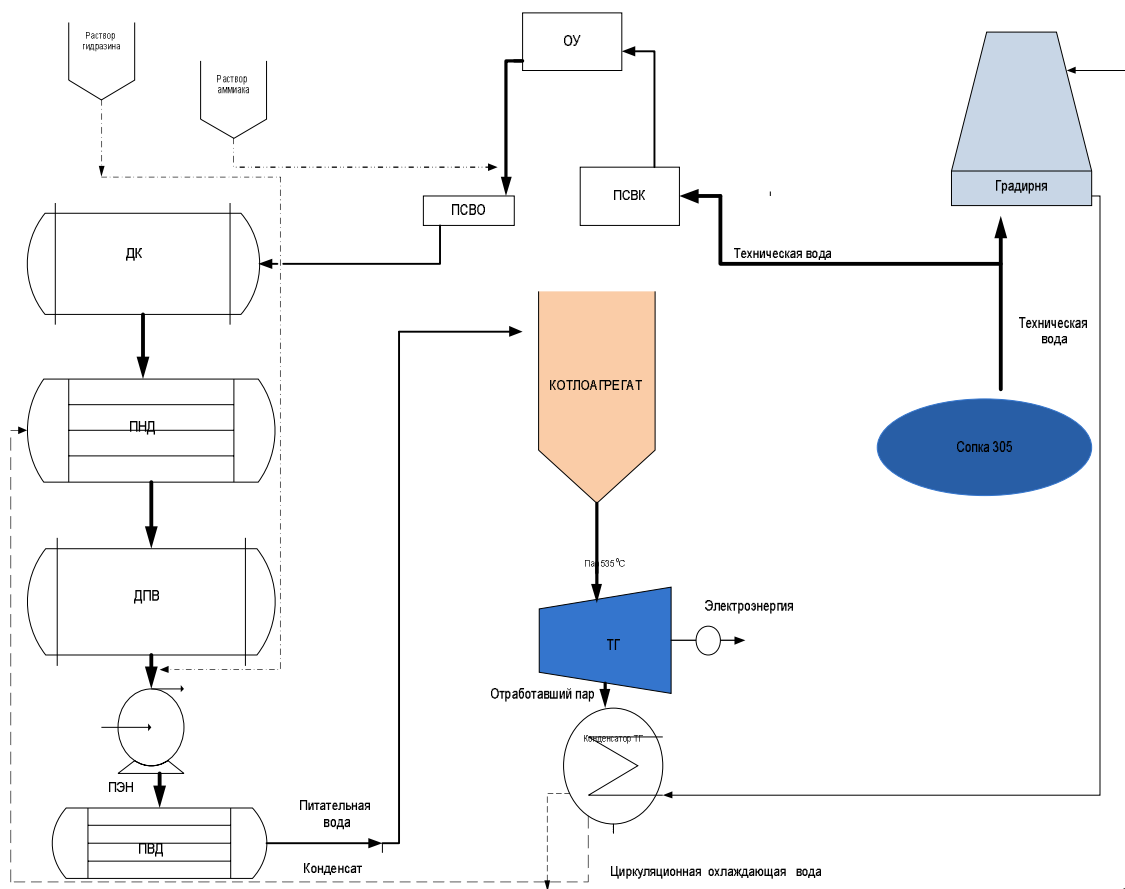


Рисунок 4 - Блок-схема распределения технической воды на технологический процесс производства электрической энергии

Рассмотрим первый контур циркулирующей воды. Это техническая вода, которая используется для охлаждения отработавшего пара.

Техническая вода по техводоводу поступает в градирню, откуда вода поступает в конденсаторы турбин для охлаждения отработавшего пара, в маслосистему для охлаждения масла и в систему газоохладителей турбин. После того как циркулирующая вода возвращается обратно в градирню, она охлаждается, то есть приобретает свои первоначальные параметры для следующего цикла. По правилам эксплуатации тепломеханического оборудования температура циркулирующей воды на входе в конденсатор должна составлять 20 °С.

Процесс охлаждения циркулирующей воды происходит за счёт распыления её соплами и омывания её воздухом. При этом происходит процесс испарения и капельный унос частиц воды. Это потери воды, которые необходимо восполнять.

Второй контур использования технической воды заключается в подготовке обессоленной воды для питания энергетических котлоагрегатов. Для этого используют техническую воду, которую отбирают из общего объёма циркуляционной воды в размере 150 м³/ч. Для обессоливающей установки возможно использовать как техническую, так и продувочную воду градирен. Использование продувочных вод градирен в качестве источника водоснабжения обессоливающей установки (ОУ) обусловлено водным балансом золоотвала, исключающего приём на золоотвал этих вод. Этот объём тоже необходимо восстанавливать. В разрезе четырёх лет в среднем расход воды на потери градирен составил 1 742 171 м³/год или 198,9 м³/ч. Причём из анализа расхода воды на потери в циркуляционной системе за последние два года наблюдается резкое увеличение, что показано в таблице 2.

Таблица 2 - Расход технической воды для покрытия потерь циркуляционной воды

Год	2010	2011	2012	2013
Расход технической воды, м ³	1 393 687,42	1 251 361,56	1 973 357,60	2 350 276,35

Данные таблицы 2 отображены на рисунке 5.

Из графика представленного на рисунке 5 видно, что за последние два года наблюдается резкий скачок увеличения расхода воды для восполнения потерь градирен.



Рисунок 5 - Динамика расхода циркуляционной воды за 2010-2013год

Данная ситуация обусловлена следующими причинами:

а) во-первых, в связи с неудовлетворительным техническим состоянием градирни №1 увеличились потери воды с капельным уносом, средняя температура приходящей воды после конденсаторов достигает более 35°C.

Из-за отказа от использования продувочных вод градирни в качестве исходной воды для химводоподготовки обессоленной воды увеличилось солесодержание циркуляционной воды, для снижения солесодержания производят постоянный сброс циркводы на всас смывных и орошающих насосов котельного цеха. Основные показатели химического состава исходной воды приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Основные показатели химического состава исходной воды

Катионы	Количество	Анионы	Количество	Другие показатели	Количество
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	5,4	Карбонаты, мг-экв/дм ³	0,2	Органические соединения, мгО ₂ /дм ³	3,3
Кальций, мг-экв/дм ³	2,6	Бикарбонаты, мг-экв/дм ³	3,0	Щелочность общая, мг-экв/дм ³	3,2
Магний, мг /дм ³	2,8	Хлориды, мг /дм ³	223	Кремниевая кислота, мг SiO ₂ /дм ³	4,1
Натрий, мг /дм ³	168	Сульфаты, мг /дм ³	151	Солесодержание, мг/дм ³	736
Железо, мг /дм ³	0,4	Нитраты, мг /дм ³	1,5	Взвешенные вещества, мг/дм ³	6,6
		Фосфаты, мг /дм ³	0	рН, ед.	8,6

б) во-вторых, в 2012 году на станции ввели в эксплуатацию на обессоливающей установке обратный осмос, который за счёт высокой температуры циркводы не осуществляет технологический процесс на воде с

данной температурой, так как при более высоких температурах соли содержащиеся в исходной воде, становятся более растворимыми и не улавливаются обратным осмосом.

Средняя температура циркулирующей воды на выходе из градирни за 2012 и 2013год приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Средняя температура циркулирующей воды за 2012 и 2013год

Месяц / год	Средняя температура циркулирующей воды, °С	
	2012	2013
Январь	26,7	22,5
Февраль	25,4	20,9
Март	35	22,1
Апрель	28	27,7
Май	34	27,4
Июнь	36,4	28,9
Июль	37,5	29,7
Август	34,1	29,3
Сентябрь	30,6	26,1
Октябрь	26,3	20,1
Ноябрь	22,3	21,1
Декабрь	21,8	18,9

Данные по средней температуре циркуляционной воды отображены на рисунках 6-8.

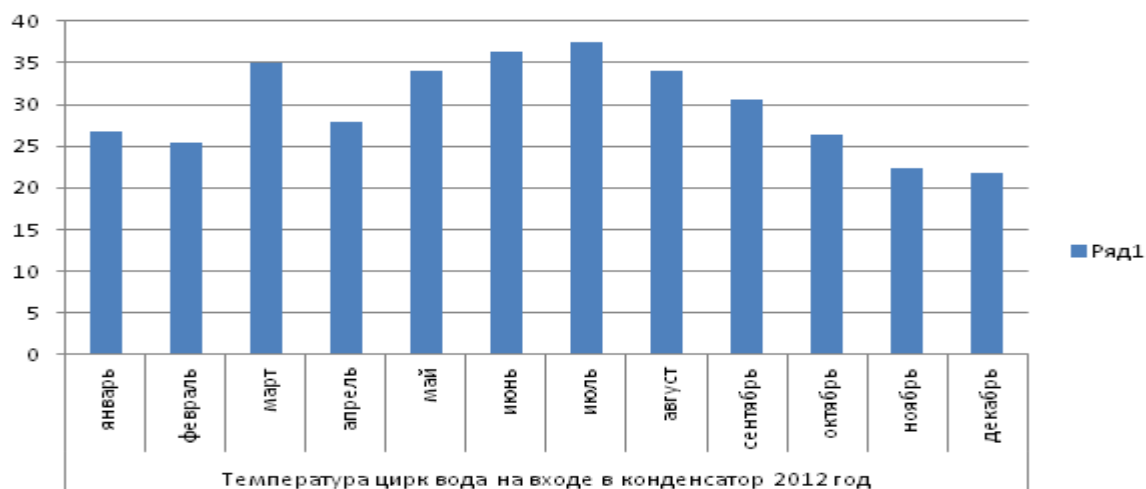


Рисунок 6 - Температура циркводы на входе в конденсатор в 2012 году

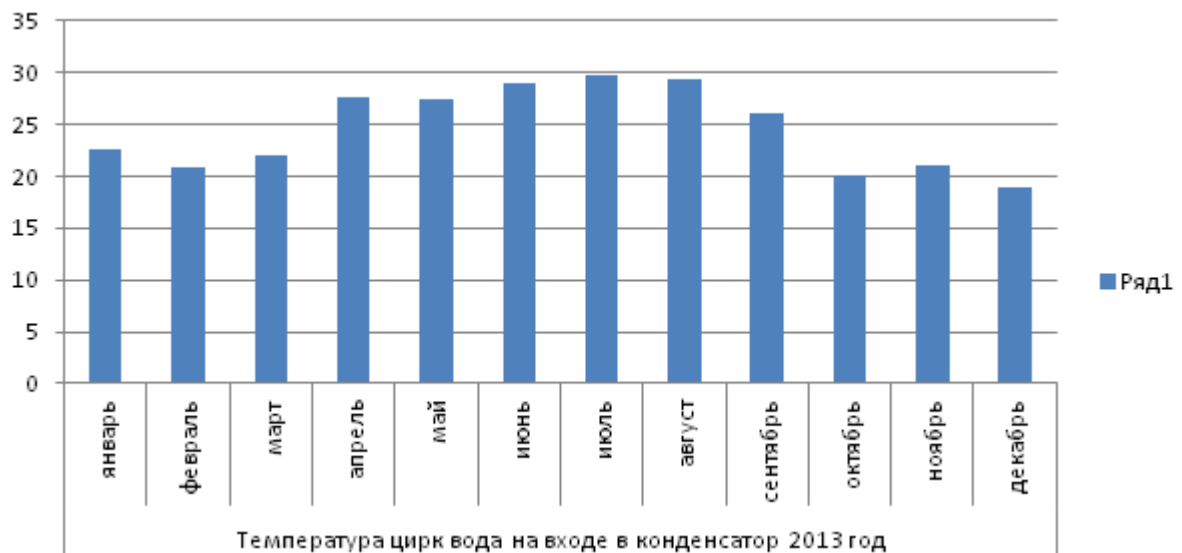
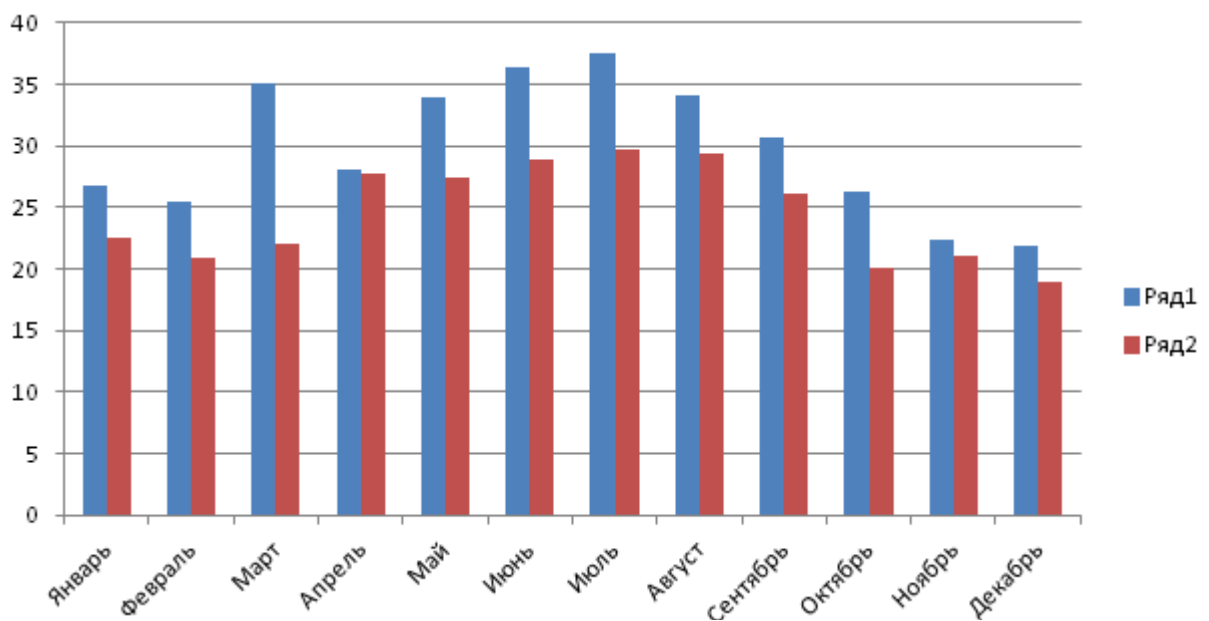


Рисунок 7 - Температура циркулирующей воды на входе в конденсатор в 2013 году

Динамика увеличения температуры циркулирующей воды представлена на рисунке 6.



Ряд 1 соответствует 2012 году, ряд 2 соответствует 2013 году.

Рисунок 8 - Динамика увеличения температуры циркулирующей воды

Высокая температура циркуляционной воды обусловлена неудовлетворительным состоянием градирен. К тому же, особенно в тёплый период времени, на станции нет достаточной тепловой нагрузки по потребителям. Отсюда следует, что отборы турбин не используются в полную мощность. Вследствие этого увеличивается объём пара, проходящего через конденсаторы турбин. Поэтому циркуляционной воде необходимо

отвести больше тепловой энергии, для того чтобы сконденсировать отработавший пар.

За счёт того, что прекратился отвод продувочных вод с градирен, увеличилось солесодержание циркуловды до 900-1050 мг/дм³. Динамика солесодержания циркуловды в разрезе 2010-2013 года представлена на рисунке 9.

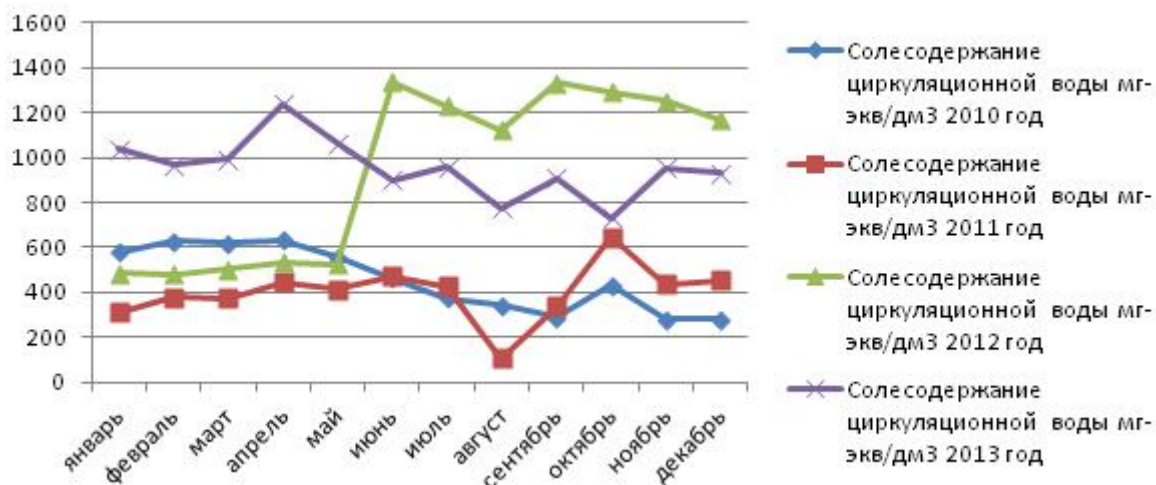


Рисунок 9 - Динамика солесодержания в циркуляционной воде за 2010-13гг.

Следствием высокого солесодержания в циркуляционной воде является быстрый занос поверхностей трубного пучка конденсаторов отложением солей. Это приводит к снижению вакуума на турбинах и, как следствие, снижению нагрузки турбоагрегата.

Для снижения солесодержания циркуляционной воды производится частичный сброс циркуловды на всас насосов орошения и смывных насосов в котельном цехе. Однако этого объёма не достаточно.

2.3 Характеристика обессоливающей установки

Рассмотрим схему водоподготовки питательной воды котлов на обессоливающей установке до внедрения обратного осмоса

На рассматриваемой ТЭЦ для питания котлов типа БКЗ-160-100 и БКЗ-220-100 и дальнейшей выработки острого пара используют техническую воду.

До внедрения на ТЭЦ обратного осмоса было предусмотрено двухступенчатое обессоливание воды по схеме: предочистка в осветлителе ВТИ-350 известкованием совместно с коагуляцией сернокислым железом, фильтрование через механические фильтры, двухступенчатое Н-ОН-ионирование.

Производительность обессоливающей установки проектная 300 м³/час, фактическая – 150 м³/час. Нет необходимости готовить большее количество

воды т.к. станция не несёт проектную электрическую мощность. На рисунке 2.8 представлена схема водоподготовки обессоленной воды.

Принципиальная схема водоподготовки воды для подпитки котлов

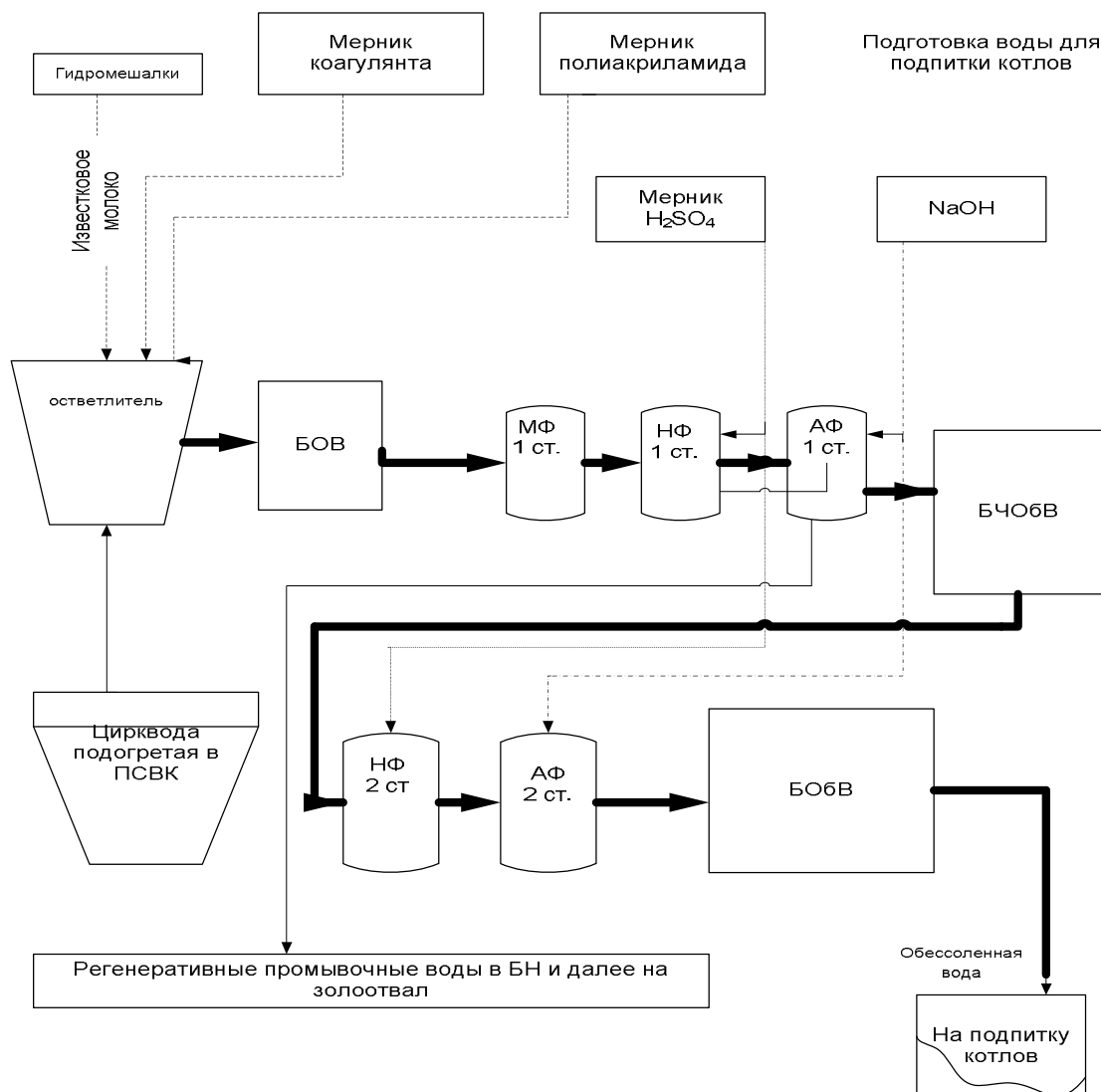


Рисунок 10 - Принципиальная технологическая схема подготовки обессоленной воды до внедрения обратного осмоса

При данной схеме отработанные регенерационные и технологические растворы сбрасываются на золоотвал по отдельному трубопроводу, не связанному со схемой золоудаления ТЭЦ.

Качество обессоленной воды должно удовлетворять нормам:

- содержание кремниевой кислоты в пересчете на SiO_2 не более – 200 мкг/дм^3 ;

- солесодержание в пересчете на NaCl 2-4 мг/дм^3 ;
- жесткость общая не более 3 мкг-экв/дм^3 ;
- содержание железа не более 30 мкг/дм^3 .

Проблема ранее существовавшей обессоливающей установки заключалась в том, что она была спроектирована без учета качества исходной воды по содержанию хлоридов и сульфатов, как по количеству предусмотренного оборудования, так и по расходу реагентов. Суммарное содержание анионов сильных кислот составляло 8-12 мг-экв/дм³. Также не была предусмотрена вероятность ухудшения качества воды.

Расходы реагентов (100%) и воды на собственные нужды обессоливающей установки составляли, на 1м³ обессоленной воды:

- техническая вода – 0,6-0,9 м³;
- серная кислота – 2,5-3,9 кг/м³;
- едкий натр – 0,7-1,2 кг/м³;
- известь – 0,18-0,24 кг/м³;
- коагулянт – 0,1 кг/м³.

Для воды такого качества отсутствуют нормативно-технические документы, регламентирующие расходы реагентов и воды на собственные нужды обессоливающей установки.

- кислотность фильтрата Н-катионитовых фильтров первой ступени достигала 12 мг-экв/дм³, что соответствует концентрации минеральных кислот (CL+ SO₄) ~0,05%;
- в механических фильтрах был загружен антрацит фракции 5-15мм при норме 0,6-1,2мм. Происходил вынос шлама на Н-катионитовые фильтры 1 ступени;
- большая протяженность трубопроводов реагентов: коагулянт, кислота, щелочь – 300-350 м, известь – 1500м;
- отсутствие нормативно-технической документации, регламентирующей расход воды и реагентов на собственные нужды обессоливающей установки для воды такого качества.
- ориентация на использование импортных дорогостоящих монодисперсных смол определенного класса;
- осуществление ионообменного обессоливания в одну ступень, что существенно снижает надежность получения воды нормативного качества;
- значительные расходы серной кислоты на регенерацию фильтров;
- увеличенные расходы воды на отмывку анионитных фильтров по сравнению с расчетными.

На предприятии, исходя из технико-экономического анализа было принято решение об установке обратного осмоса с предочисткой и с сохранением второй ступени обессоливающей установки (ОУ). Установка была рассчитана на подготовку воды общей производительностью 150 м³/ч для подпитки котлов высокого давления.

Параметры обессоливающей установки:

Количество потребляемой воды, ном. /макс, 260 – 290 м³/ч

Давление, мин/макс, 2 – 6 атм.

Температура, мин/макс, 10 – 25 С⁰

На рисунке 11 представлена принципиальная схема водоподготовительной установки с использованием обратного осмоса.

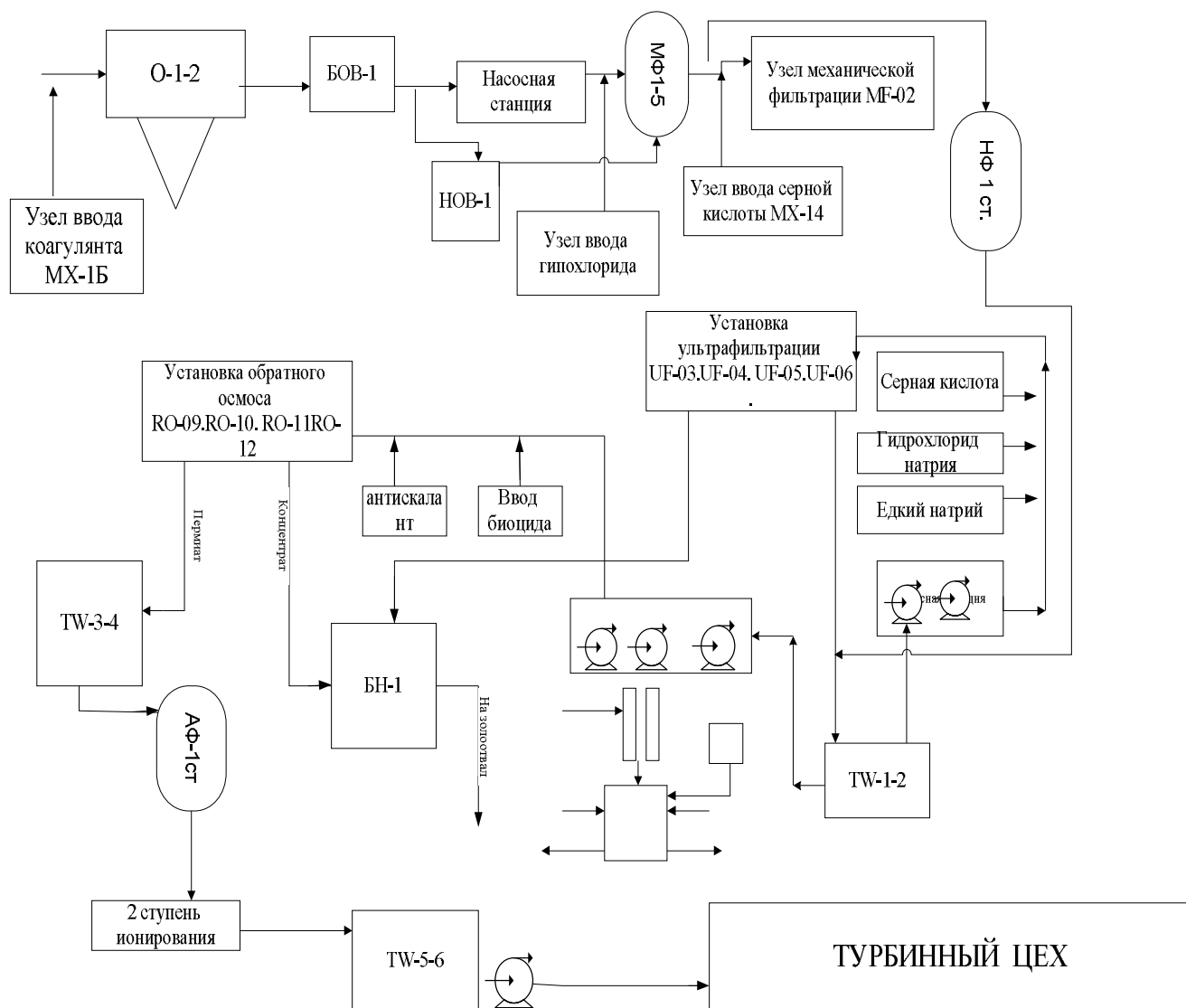


Рисунок 11 - Технологическая схема водоподготовительной установки обессоленной воды.

1. осветлитель (отстойник); 2. бак осветлённой воды БОВ-1; 3. насосная станция Р-01; 4. механические фильтры МФ-1-5; 5. самопромывные механические фильтры MF-02 (4); 6. установка ультрафильтрации (5) – UF-03, UF-04 UF-05 UF-06; 7. накопительный бак TW-1-2 (6); 8. насосная станция Р-08 (7); 9. установку обратного осмоса RO-9, RO-10, RO-11, RO-12 (8); 10. накопительные баки TW 3-4 (9); 11. фильтр АФ-1 ступени (10); 12. накопительные баки TW 3-4 (9); 13. 2-я ступень ионирования (11); 14. накопительные баки TW-5-6 (12); 15. насос, подающий обессоленную воду в турбинный цех.

Основные узлы входящие в технологическую схему водоподготовки показаны на рисунках 12-15.

Механические фильтры МФ-1-5 представлены на рисунке 12.



Рисунок 12 - Механические фильтры МФ-1-5

Самопромывные механические фильтры MF-02 (4) представлены на рисунке 13.



Рисунок 13 - Самопромывные механические фильтры MF-02 (4)

Установка ультраfiltrации (5) – UF-03, UF-04 UF-05 UF-06, представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 - установка ультрафильтрации (5) – UF-03, UF-04 UF-05 UF-06

Установку обратного осмоса RO-9, RO-10, RO-11,RO-12 (8), которая представлена на рисунке 15.



Рисунок 15 - Установка обратного осмоса
Фильтр АФ-1ступени (10) показан на рисунке 16.



Рисунок 16 - Анионитовые фильтры

На рисунке 17 показан узел дозирования коагулянта и гипохлорита



Рисунок 17 - Узел дозирования коагулянта и гипохлорита

Рассмотрим принцип действия обессоливающей установки с использованием обратного осмоса.

Исходная вода поступает в осветлитель(отстойник), далее поступает в бак осветлённой воды (БОВ-1), откуда насосами Р-01 подаётся в механические фильтры МФ-1-5 для удаления грубодисперсных частиц,

затем вода поступает в самопромывные механические фильтры MF-02, после чего вода поступает в установку ультрафильтрации – UF-03, UF-04 UF-05 UF-06, далее очищенная вода поступает в накопительный бак TW-1-2 откуда насосами P-08 подаётся на установку обратного осмоса RO-9, RO-10, RO-11, RO-12. После обратного осмоса частично обессоленная вода (пермиат) поступает в накопительные баки TW 3-4 и далее поступает в фильтр АФ-1 ступени и на 2 ступень ионирования, где вода проходит завершающий этап обессоливания затем поступает в накопительные баки TW-5-6 откуда насосом (13) подаётся в турбинный цех.

2.4 Принцип действия основных узлов обессоливающей установки

2.4.1 Осветлитель(отстойник)

Осветлитель ВТИ – 350 предназначен для известкования воды совместно с коагуляцией сернокислым железом. Осветлитель работает под атмосферным давлением. Кратковременная производительность допускается до 370 м³/час. Полный водяной объем осветлителя 458 м³. Время пребывания воды в осветлителе 3,5 часа.

2.4.1.1 Устройство осветлителя

Осветлитель представляет собой стальной цилиндрический сосуд, установленный вертикально на кольцевой опоре. Верхняя цилиндрическая часть конуса диаметром 9700 мм, соединена при помощи конического перехода с нижней цилиндрической частью диаметром 3400 мм, к которой приварен опорный пояс, состоящий из цилиндрической юбки и опорного кольца. На коническом днище установлено сопловое устройство, которое обеспечивает регулируемый подвод воды в осветлитель. Управление сопловым устройством дистанционное.

Внутренняя поверхность верхней части осветлителя защищена от коррозионного воздействия воды химпокрытием. Внутри корпуса установлена обечайка диаметром 3400 мм (внутренний корпус), нижняя часть которой является шламоуплотнителем, а верхняя - воздухоотделителем.

В воздухоотделителе установлено раздающее устройство с семью соплами для равномерного подвода воды. К цилиндрической части шламоуплотнителя, наклонно к образующей, приварены шесть шламоотводящих труб, в верхней части которых имеются шламоотводные трубы с прямоугольными окнами. В верхней части шламоуплотнителя, под коническим днищем воздухоотделителя расположен коллектор с отверстием для равномерного вывода воды из шламоуплотнителя. Внутренняя обечайка опирается на четыре стойки, приваренные к нижнему цилиндру корпуса.

Между внутренним цилиндром и конусом в нижней части установлены восемь вертикальных перегородок и одна перфорированная кольцевая решетка (смесительная), вторая кольцевая перфорированная решетка (дренажная) установлена в верхней части аппарата. Обе решётки выполнены из секторов, которые опираются на радиальные балки, приваренные к

кольцевым поясам корпуса и внутреннего цилиндра. В верхней части корпуса над дренажной решёткой установлен кольцевой сборный жёлоб прямоугольного сечения с приёмным коробом, внутри которого имеется перегородка с измерительными отверстиями. В днище короба врезана труба для вывода осветлённой воды. Во внутреннем корпусе и решётках имеются люки для доступа внутрь аппарата.

Осветлитель оборудован пробоотборными точками, расположенные на различной высоте, предназначенными для контроля над работой осветлителя.

2.4.1.2 Принцип работы осветлителя

Исходная вода при температуре, заданной режимной картой работы осветлителя, поступает по трубопроводу подвода технической воды через распределительное устройство - воздухоотделитель, откуда по отводящей линии через сопловое устройство направляется в смесительную часть наружного корпуса. Сюда же подаются известковое молоко, сернокислородное железо и полиакриламид. Предусмотрен также ввод коагулянта в линию подачи исходной воды. Перемешивание воды и реагентов обеспечивается за счёт тангенциального ввода воды в смесительную часть корпуса через сопловое устройство. Сопловое устройство позволяет менять скорость поступления воды в смесительную часть корпуса. По мере подъёма обрабатываемой воды в осветлителе, вращательное движение её гасится восьмью вертикальными перегородками и смесительной решёткой.

В результате взаимодействия вводимых реагентов с обрабатываемой водой выделяется осадок - шлам. Шлам поддерживается во взвешенном состоянии восходящим потоком воды и образует контактную среду, наличие которой ускоряет процессы очистки воды. Адсорбционная активность шламового фильтра зависит от структуры шлама. Для обновления состава шламового фильтра и для поддержания его постоянной высоты и концентрации в осветлителе производится непрерывный отвод шлама из шламоуплотнителя. Верхняя граница контактной среды должна находиться примерно на уровне верхней кромки окон шламоприёмных труб, между 4 и 5 пробоотборными точками. Из зоны контактной среды излишек шлама вместе с частью обрабатываемой воды поступают через окна шламоприёмных труб и далее по шламоотводным трубам в шламоуплотнитель. Остальная, большая часть обрабатываемой воды, минуя шламоприёмные трубы, поступает в защитную зону осветленной воды и далее, освободившись от взвеси и пройдя верхнюю распределительную решётку, сливается в сборный жёлоб через отверстия в боковых стенках. По сборному жёлобу вода поступает в приёмный короб и далее по трубопроводу выхода осветленной воды выводится из осветлителя в баки осветленной воды БОВ-1,2. Часть воды, поступающая в шламоуплотнитель, освобождается от осадка, после чего через сборный коллектор шламоуплотнителя и трубопровод отвода осветленной воды из шламоуплотнителя выводится в приёмный короб, где смешивается с основным потоком осветленной воды и совместно выводится из осветлителя по трубопроводу.

Осветлитель оборудован непрерывной и периодической продувками: двумя дренажными трубопроводами из корпуса осветлителя (грязевика) и из шламоуплотнителя. Продувочный режим осветлителя устанавливается в зависимости от необходимой высоты шламового фильтра и от количества и характера шлама, оседающего в нижней части корпуса.

Выделившийся в шламоуплотнителе осадок частично уплотняется под давлением вышележащего слоя и дренируется продувочной водой. Продувка шламоуплотнителя производится непрерывно. Степень открытия непрерывной продувки регулируется в зависимости от высоты шлама в шламоуплотнителе. При нормальном режиме предельная высота взвешенного шлама в шламоуплотнителе должна быть между 6 и 7 пробоотборными точками. При снижении уровня шлама непрерывная продувка должна быть уменьшена, при увеличении - увеличена.

Песок, скапливающийся в днище корпуса осветлителя, периодически (согласно режимной карте) удаляется через дренаж. Расход воды, поступающей из шламоуплотнителя в приёмный короб (отсечку), регулируется дроссельной заслонкой. Размер отсечки устанавливается такой, при котором, с одной стороны, обеспечивается поддержание требуемого слоя взвешенного осадка, а с другой, - требуемое качество по прозрачности воды, отводимой из шламоуплотнителя в распределительное устройство, что составляет 10 -15 % от общего количества воды, проходящей через осветлитель.

2.4.2 бак осветлённой воды БОВ-1;

2.4.3 насосная станция Р-01;

2.4.4 механические фильтры МФ-1-5;

2.4.4.1 Характеристика и устройство механического однокамерного фильтра.

Вертикальный однокамерный фильтр состоит из корпуса, нижнего и верхнего распределительных устройств, трубопроводов, запорной арматуры и пробоотборных устройств.

Корпус фильтра цилиндрический с приваренными эллиптическими днищами, снабжен двумя люками.

Верхний люк предназначен для загрузки фильтрующего материала, ревизии и ремонта верхнего распределительного устройства, а также периодического осмотра состояния поверхности фильтрующего материала.

Через нижний люк выполняют монтаж всех устройств, находящихся внутри корпуса фильтра, а также периодические осмотры и ремонты нижних распределительных устройств.

Верхнее распределительное устройство предназначено для подвода в фильтр, равномерного распределения по его сечению исходной воды, и удаления из него промывочной воды.

Верхнее распределительное устройство выполнено в виде воронки, диаметром 400 мм. Нижнее дренажное устройство аналогично дренажному устройству в двухкамерном фильтре. Однокамерный механический фильтр загружен антрацитом «PUROLAT –стандарт». Высокая естественная

пористость антрацита обуславливает повышенные гидродинамические характеристики. Вследствие этого «PUROLAT – стандарт» в 1,5 – 2 раза эффективнее обычных фильтрующих антрацитов. Применение «PUROLAT – стандарт» в циклах водоподготовки позволяет резко снизить загрязняемость ионообменных смол и, таким образом, увеличить срок их службы.

2.4.5 Самопромывные механические фильтры MF-02 (4). На рисунке 18 показана установка самопромывных фильтров.



Рисунок 18 - Самопромывные фильтры

Установка самопромывных фильтров MF-02 предназначена для очистки воды от взвешанных частиц размером больше 200 микрон. Установка состоит из четырех параллельно работающих фильтров. На промывку по программе отдельного контроллера фильтры выводятся поочередно.

Технические данные установки:

- тип AZUD HELIX 404 S4;
- производительность 240 м³/ч;
- величина фильтруемых частиц более 200 микрон;
- подключения DN250.

Вода после самопромывных фильтров подается на четыре параллельно работающие установки ультрафильтрации. Производительность по пермиату одной установки - 60 м³/ч.

2.4.6 Установка ультрафильтрации (5) – UF-03, UF-04 UF-05 UF-06,

Технические характеристики одного модуля

- производительность, номинальная 60 м³/ч;
- дебит воды для обратной промывки 250 м³/ч;
- дебит воды для прямоточной промывки 100 м³/ч;
- дебит воды для химической промывки 125 м³/ч.

Параметры мембран

- размер 200x1847 мм;
- количество (в одном модуле) 25 шт;
- материал PES.

Потребление электричества

- мощность 0,5 кВт;
- напряжение 380 В;
- частота 50 Гц.

На рисунке 19 показана установка ультрафильтрации.



Рисунок 19 - Установка ультрафильтрации

Принцип действия:

Процесс ультрафильтрации состоит в пропускании обрабатываемой воды, через фильтрующий материал, проницаемый для жидкости и непроницаемый для взвеси. Мембранный ультрафильтрационный модуль состоит из тонких капилляров, стенками которых являются ультрафильтрационные мембраны.

Исходная вода поступает внутрь капилляра. Способные проникать через мембрану частицы и молекулы воды проходят через стенку капилляра, а более крупные частицы остаются внутри капилляра. Ультрафильтрационная мембрана задерживает коллоидные частицы, бактерии, вирусы и высокомолекулярные органические соединения. Нижний предел отделяемых растворенных веществ соответствует молекулярным массам в несколько тысяч Далтон. На рисунке 20 показано схематическое устройство узла ультрафильтрации.

- количество питательной воды – $53 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- солесодержание питательной воды менее 400 мг/л .

На рисунке 21 представлена установка обратного осмоса.



Рисунок 21 - Установка обратного осмоса

2.4.7.1 Принцип работы установки обратного осмоса RO-09...12

Из емкостей TW-1 (БЧОВ1), TW-2 (БЧОВ3) насосной станцией P-08 вода подается в установки обратного осмоса. Поток воды распределен на четыре параллельно работающие установки. Производительность одной установки $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Установка рассчитана на работу при температуре $25\text{-}30^\circ\text{C}$.

На полупроницаемых мембранах под воздействием обратно-осмотического давления, поток воды разделяется на более концентрированный и менее концентрированный потоки. В менее концентрированный поток, называемый Пермиат проходит 2-5% солей от питательного потока. Пермиат является водой, предназначенной для использования. Более концентрированный поток, называемый Концентрат, сбрасывается в накопительную емкость БН-1.

Для снижения нагрузки на мембранные модули проектом предусматривается введение антискаланта и биоцида. Контроль процесса осуществляется по общему солесодержанию в пермиате. Установка по вводу антискаланта и биоцида представлена на рисунке 22.



Рисунок 22 - Узел по вводу антискаланта и биоцида

Химическая промывка мембран производится в случае понижения потока пермиата на 10%, или увеличения солесодержания пермиата на 10%, или возрастания перепада давлений между питательной водой и концентратом на 15% от начального перепада (начальный перепад фиксируется в режимной карте в протяжении первых 24- 48 часов работы установки).

2.4.8 Завершающий этап глубокого обессоливания вода проходит в фильтрах АФ-1ступени и на 2 ступень ионирования.

2.4.8.1 Принцип работы анионитового фильтра 1 ступени.

АФ 1 ступени предназначены для удаления из воды всех анионов сильных кислот. В фильтр загружен слабоосновной анионит, имеющий обменный ион OH^- .

При фильтрации Н-катионированной воды через слой анионита происходит обмен анионов сильных кислот на гидроксильный ион содержащейся в анионите

Постепенно насыщаясь анионами SO_4^{2-} , Cl^- и другими, анионит теряет свою способность обессоливать воду. Для восстановления обменной способности анионита регенерацию его производят раствором едкого натра.



Рисунок 23 - 1,2 ступень анианитовых фильтров

2.5 Анализ расхода технической воды на Степногорской ТЭЦ после внедрения обратного осмоса

После установки обратного осмоса предприятие столкнулось с новыми проблемами. Существовавшая схема подразумевала забор воды на ХВО из циркуляционной системы. Подпитка выполнялась в объёме $150 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В тёплый период года (май-сентябрь) электрическая мощность ТЭЦ ограничивается высокой температурой охлаждающей воды на входе в конденсаторы турбин. Температура исходной воды на обессоливающую установку должна составлять не более 25°C при более высоких температурах, соли, находящиеся в воде, становятся более растворимыми и не улавливаются обратным осмосом, т.е. установка при более высоких температурах исходной воды не работает на циркуляционной воде.

Из этого следует, что обессоливающая установка работает на свежей технической воде, в тоже время подпитка цирксистемы тоже производится сырой технической водой.

При использовании двухступенчатой схемы обессоливания обессоливающая установка питалась циркводой и за счёт этого происходило частичное снижение солесодержания в цирксистеме, на данный момент производится постоянная продувка с целью снижения солесодержания циркуляционной воды т.к., от её качества зависит состояние трубной системы конденсаторов турбин, маслоохладительных установок и газоохладителей генератора, данного количества сбрасываемой воды через котельный цех в ситему золошлако удаления не достаточно так как солесодержание циркуляционной воды составляет от 780 до 1050 мг-экв/дм^3 .

Обессоливающую установку запустили в мае 2012 года. На рисунке 24 показан расход технической воды на приготовление обессоленной воды и собственные нужды обессоливающей установки в 2012-2013 году.

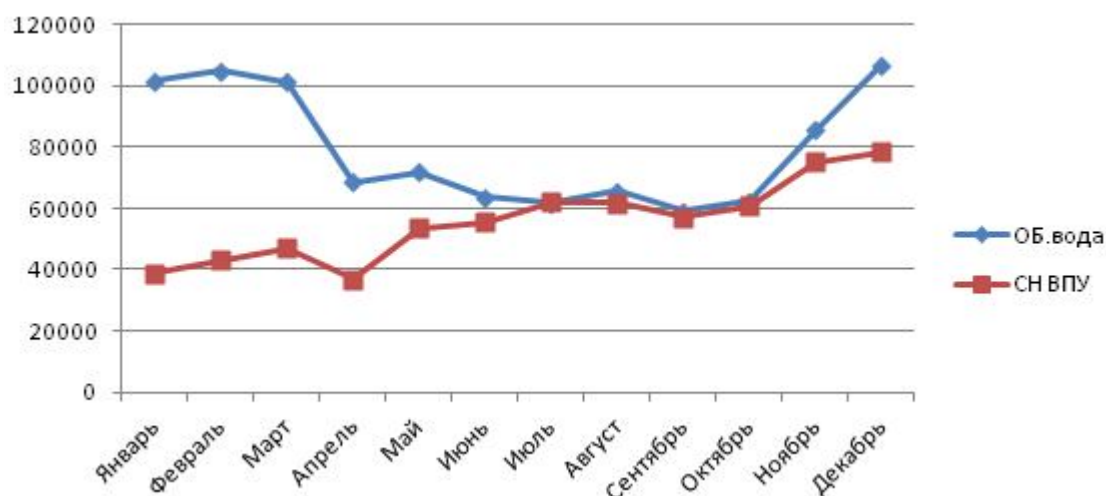


Рисунок 24 - График потребления технической воды, м³ обессоливающей установкой в 2012г

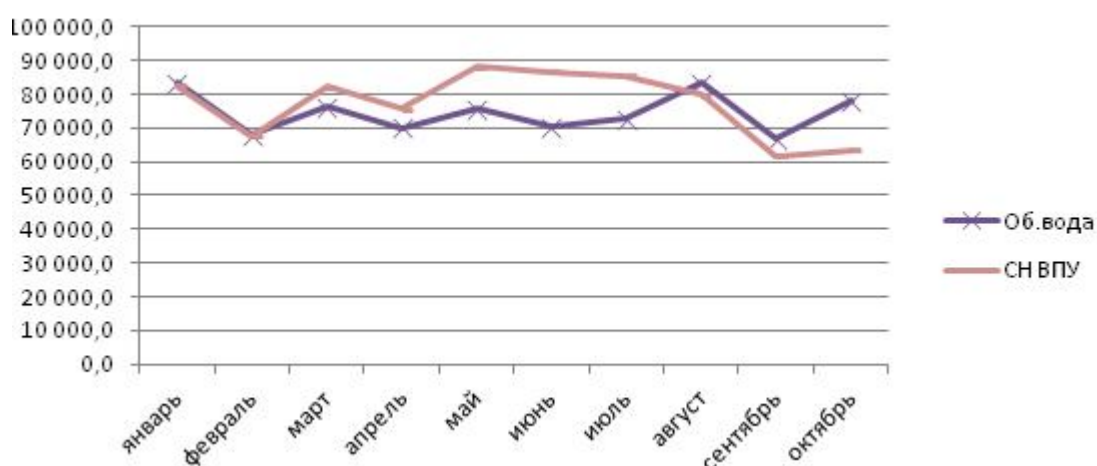


Рисунок 25 - График потребления технической воды обессоливающей установкой в 2013г

В процентном соотношении расход воды на собственные нужды обессоливающей установки к количеству приготовленной обессоленной воды до ввода обратного осмоса составлял в среднем 44%, после ввода- 96%.

Отсюда можно сделать вывод, что при вводе обратного осмоса увеличилось потребление технической воды на собственные нужды ВПУ практически в два раза.

За счёт модернизации системы водоподготовки обессоленной воды, предприятие добилось снижения потребления химреагентов на технологический процесс подготовки подпиточной воды котлов.

При этом произошло нарушение всей схемы технического водоснабжения предприятия. На основании сравнительного анализа видно, что при использовании такой схемы химводоподготовки на станции происходит перерасход технической воды от нормативного потребления примерно в полтора раза в общем по станции, и в два раза по собственным нуждам водоподготовительной установки.

Может быть данный перерасход и не чувствовался бы, если бы источник воды находился рядом и дебет водохранилища был бы достаточным.

Выводы:

Достоинства установки обратного осмоса:

1. Процесс подготовки обессоленной воды полностью автоматизирован, что исключает аварийных ситуаций по причине человеческого фактора.

2. Снижение потребления химреагентов водоподготовительной установкой за счёт автоматизации системы дозирования химреагентов, чёткого периода промывок (регенерации) блоков установки.

3. Внедрение обратноосмотической установки позволило снизить pH сточных вод водоподготовки до $\text{pH} = 6,8$.

4. Вода после установки обратного осмоса полностью отвечает требованиям качества обессоленной воды.

Минусы

1. Увеличился расход технической воды. Динамика расхода технической воды представлена на рисунке 26.



Рисунок 26 - Динамика расхода технической воды за 2010-2013 гг.

Причиной увеличения расхода технической воды являются следующие факторы:

- неэффективный и неэкономичный режим работы станции;

– увеличение расхода технической воды на собственные нужды обессоливающей установки. Динамика расхода воды на собственные нужды обессоливающей установки представлена на рисунке 27.

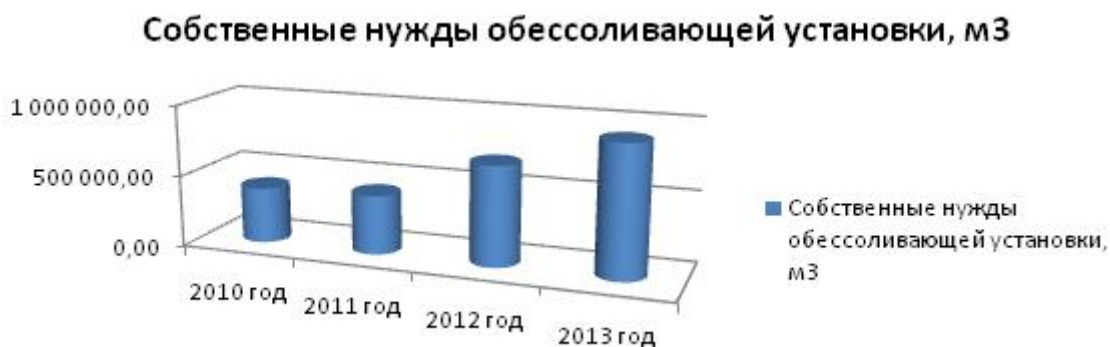


Рисунок 27 - Расход технической воды на собственные нужды обессоливающей установки

Основной причиной перерасхода технической воды на собственные нужды обессоливающей установки является увеличение солесодержания исходной воды из-за обмеления Селетинского водохранилища в силу засушливых последних двух лет. Солесодержание исходной воды в разрезе последних четырёх лет представлено на рисунке 28.

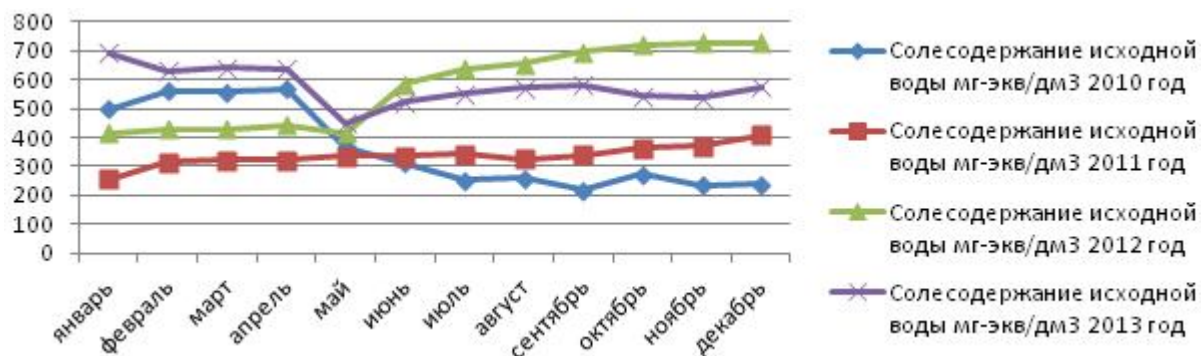


Рисунок 28 - Солесодержание исходной воды

Значительный расход технической воды на собственные нужды наблюдается на узел ультрафильтрации UF, который из-за химического состава исходной воды и по требованиям технологических карт часто встаёт на промывку. Продолжительность цикла ультрафильтрации равен 40 мин. Через 40 минут каждый блок поочерёдно встаёт на промывку прямым или обратным потоком и ещё два раза в сутки на химическую промывку.

– постоянный сброс циркулирующей воды на золоотвал, с целью поддержания солесодержания циркулирующей воды, данные о солесодержании циркулирующей воды показаны на рисунке 29.

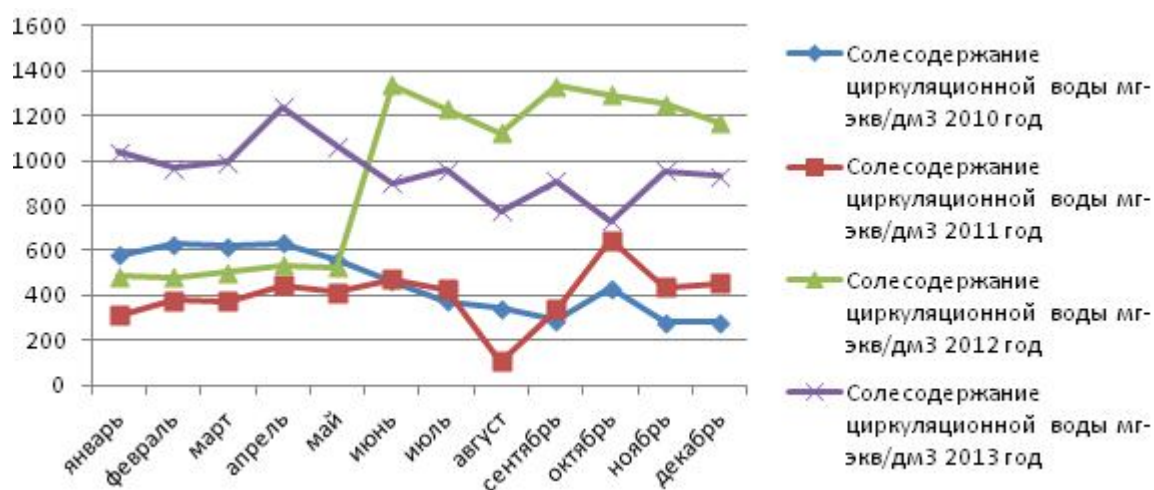


Рисунок 29 - Динамика солевого содержания в циркуляционной воде за 2010-2013 гг.

– отсутствие потребителей тепловой нагрузки особенно в летний период приводит к вынужденным мерам для поддержания электрической нагрузки к сбросу пара в атмосферу, с теплофикационного отбора через предохранительный клапан РОУ, что приводит к увеличению потребления обессоленной воды.

- неудовлетворительное техническое состояние основного и вспомогательного оборудования вызывает увеличение расхода обессоленной воды.

К увеличению расхода обессоленной воды приводят частые аварийные остановки котлоагрегатов, вследствие порывов поверхностей нагрева, неисправности запорной арматуры, соединительных фланцев и так далее. Динамика расхода обессоленной воды показана на рисунке 30.

Расход обессоленной воды, м3

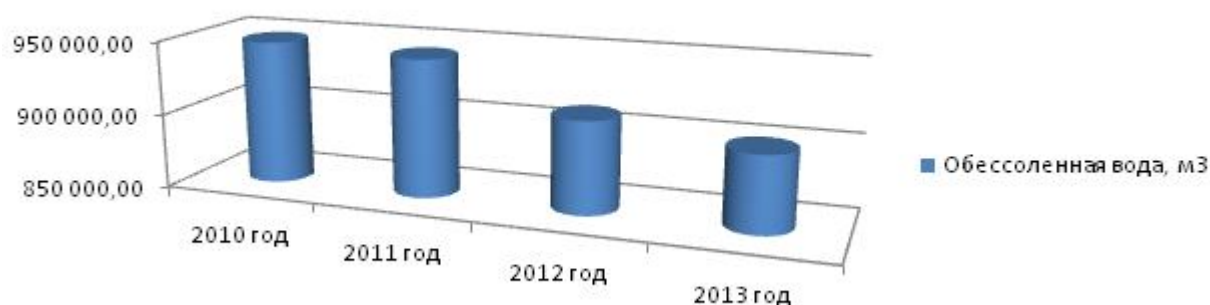


Рисунок 30 - Динамика расхода обессоленной воды в 2010-2013 гг.

Структурная схема распределения технической воды на Степногорской ТЭЦ приведена на рисунке 31.

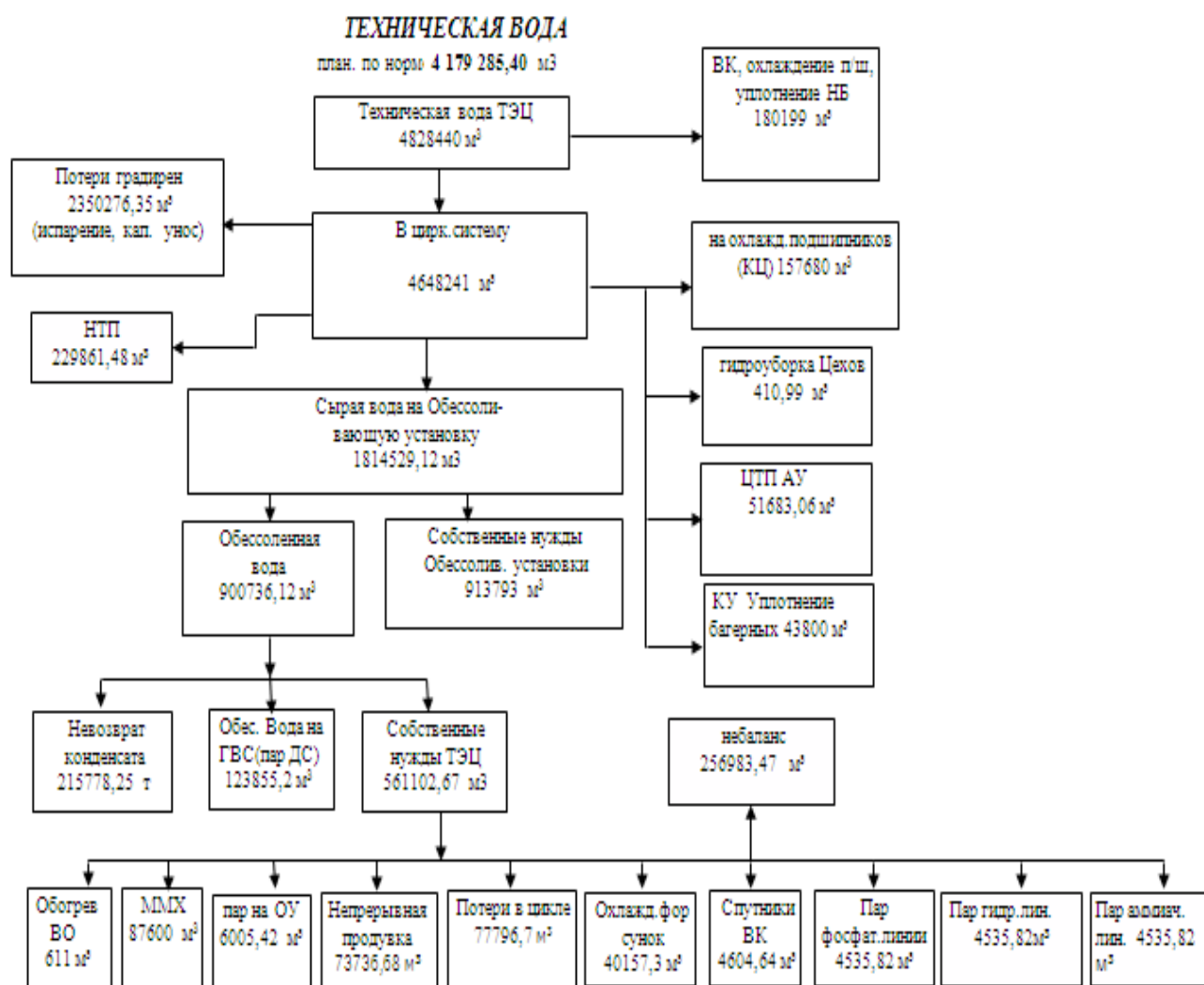


Рисунок 31- Схема потребления технической воды на ТЭЦ

Отказ от применения циркуляционной воды для подпитки химводоподготовки обессоленной воды, привёл к увеличению солесодержания циркуляционной воды. Это вызывает быстрый занос трубного пучка конденсаторов турбин, что приводит к ухудшению теплообмена между паром и охлаждающей водой, а значит и к ухудшению вакуума в хвостовой части турбины. За счёт ухудшения вакуума происходит снижение нагрузки турбоагрегата.

3 Разработка методов снижения расхода технической воды

3.1 Метод снижения расхода технической воды путём возврата промывочных вод после физической промывки узла ультрафильтрации в следующий цикл водоподготовки

Как уже было сказано ранее при существующей схеме увеличился расход технической воды на собственные нужды обессоливающей установки

в полтора раза. В среднем сброс промывочных вод собственных нужд ВПУ составляет от 90-110 м³/ч.

Для снижения количества сточных вод обессоливающей установки предлагается изменить схему водоподготовительной установки, путём возврата сточных вод после физической промывки узла ультрафильтрации в бак осветлитель. На Рисунке 32 представлена принципиальная схема технологического процесса обессоливающей установки с возвратом сточных вод физической промывки узла ультрафильтрации.

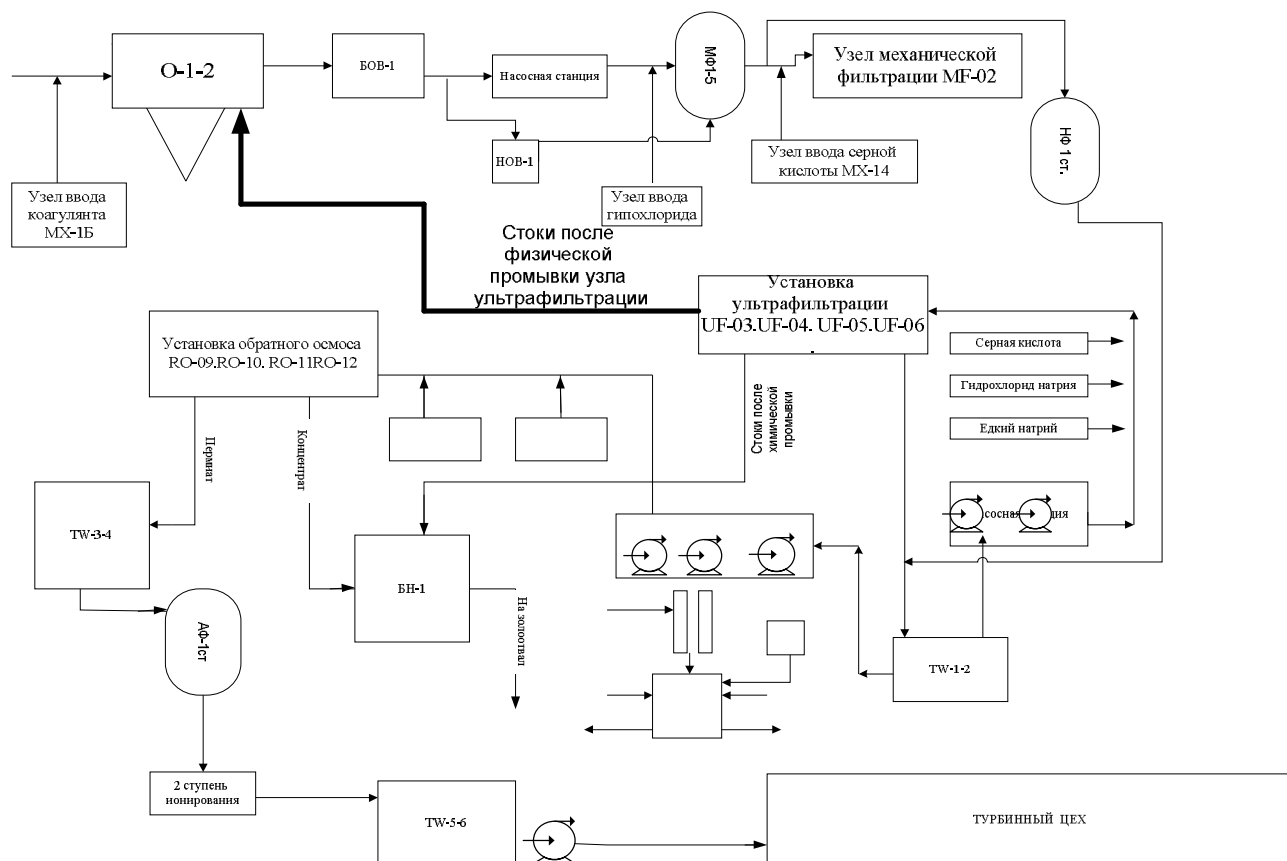


Рисунок 32 - Принципиальная схема технологического процесса обессоливающей установки с возвратом сточных вод физической промывки узла ультрафильтрации в следующий фильтроцикл.

3.2 Метод снижения расхода технической воды путём повторного использования промывочных вод в системе ГЗУ

Этот метод заключается в том, чтобы использовать сточные воды обессоливающей установки повторно в системе золошлакоудаления.

При ранее существовавшей схеме химводоподготовки из-за содержания большого количества кислоты сточные воды отводились на недействующий золоотвал. Внедрение обратноосматической установки

позволило снизить pH сточных вод водоподготовки до $\text{pH} = 6,8$. Воду с таким небольшим содержанием кислоты возможно повторно использовать в системе гидрозолоудаления, при этом не будет наноситься вред золопроводам и перекачивающим насосам. Схема отведения сточных вод в систему гидрозолоудаления показана на рисунке 33.

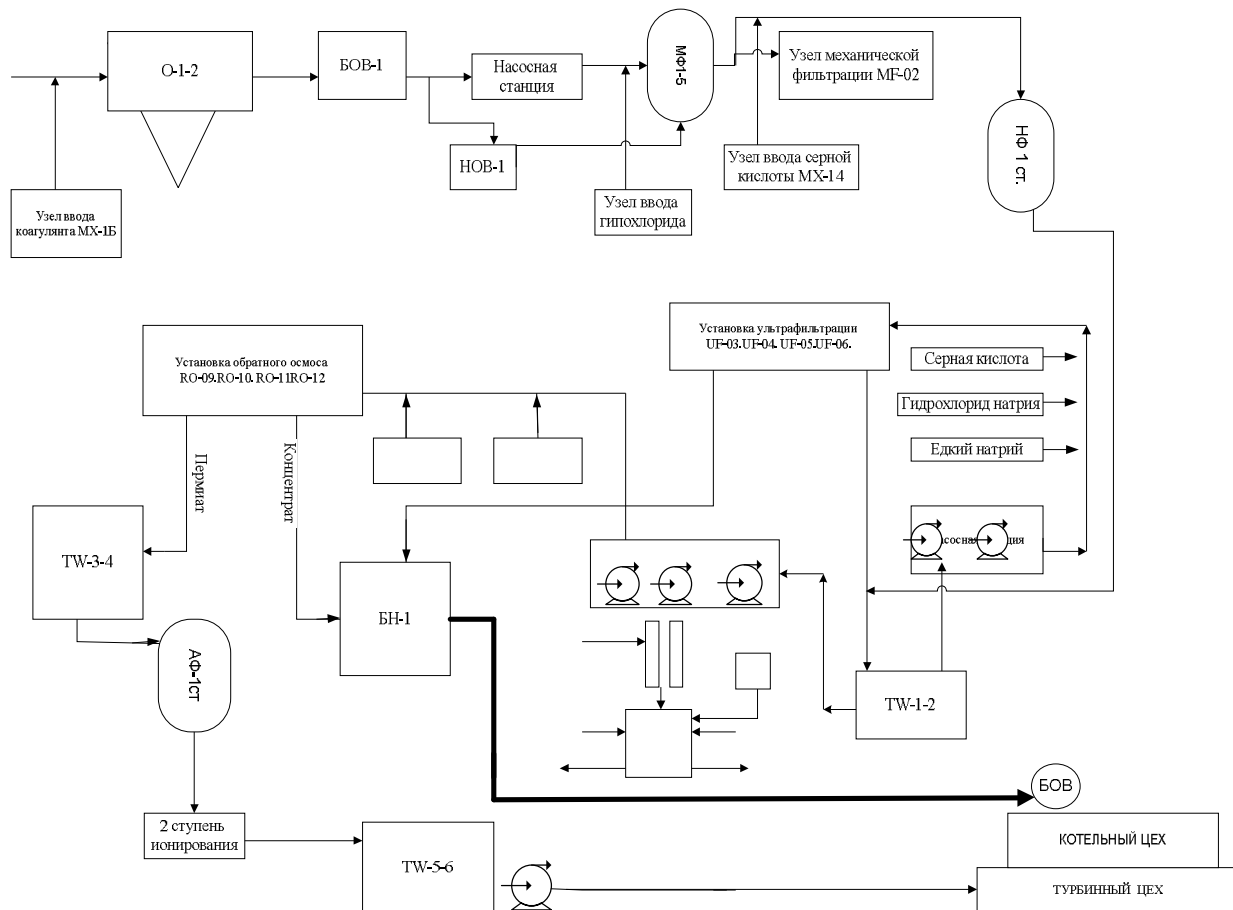


Рисунок 33 - Схема отведения сточных вод в систему гидрозолоудаления

В результате изменения схемы сброса промывочных вод будет поддерживаться необходимый уровень воды на золоотвале, так как и здесь предприятие сталкивается с проблемой поддержания уровня воды, из-за сверхнормативных потерь воды через ложе золоотвала. При этой схеме предприятию не будет требоваться пополнение объёма золоотвала технической водой, это ещё один вариант экономии технической воды.

3.3 Метод снижения расхода технической воды путём восстановления ранее существовавшей схемы использования циркуляционной воды в качестве исходной воды ОУ

Для осуществления данного метода предлагается два варианта:

1 вариант заключается в проведении реконструкции градирен с целью увеличения степени охлаждения циркуляционной воды, чтобы снизить

температуру воды на выходе из градирен, так как обратный осмос работает на воде с температурой не более 20 °С.

2 вариант понижения температуры циркуляционной воды подразумевает установку теплообменника.

3.3.1 Метод снижения расхода технической воды путём установки вентиляционной градирни

Для осуществления первого варианта необходимо во-первых, произвести капитальный ремонт существующих градирен, во-вторых, произвести расчёт и выбор количества секций градирни. В таблице 5 приведены характеристики турбин установленных на Степногорской ТЭЦ.

Таблица 5 – Характеристика турбоагрегатов

№ пп	Турбина	Тип
1	Турбогенерат.ст.№1	ПТ-25-90/10
2	Турбогенерат.ст.№2	ПТ-25-90/10
3	Турбогенерат.ст.№3	ПТ-25-90/10м
4	Турбогенерат.ст.№4	ПТ-25-90/10м
5	Турбогенерат.ст.№5	ПТ-60-90/13

Баланс добавочной воды приведён в таблице 6.

Таблица 6 – Баланс добавочной воды

№ пп	Наименование	Общая потребность в добавочной воде в м ³ /час	Безвозвратные потери и сбросы м ³ /час
1	Испарение в градирнях 1,32% от 24000 м ³ /час	409,2 1/2	409,2 1/2
2	Унос 0,5 % от 31000 м ³ /час	155 1/2	155 1/2

Окончание таблицы 6

3	На химводоочистку	150	150
4	Отбор из оборотной системы (фактическая продувка)	300 1/2	100
5	Итого:	2072,4	100

Согласно балансу воды на градирне, для охлаждения, поступает расход равный:

$$24000 - 2072,4 = 21927,6 \text{ м}^3/\text{час}$$

Количество добавочной воды, как это видно из таблицы 3.2, составляет 2072,4 м³/час, из которых 600 м³/час отбирается непосредственно из оборотной системы и являются фактической продувкой.

По отношению к количеству циркуляционной воды, поступающей на градирни, продувка составляет:

$$\frac{600 \cdot 100}{24000} = 2,5\%$$

Для достижения требуемой охлаждаемой мощности рекомендуем использовать вентиляторные градирни, конструкция которых позволяет достигать перепада температур до восемнадцати градусов, тем самым возникнет возможность перевода питания обессоливающей установки на продувочные воды градирен. При этом снизится солесодержание в циркуде, восстановится вакуум, снизится занос трубного пучка. Все эти положительные результаты приведут к восстановлению всей системы технического водоснабжения ТЭЦ и к увеличению производительности всей ТЭЦ.

Преимуществом такого решения является возможность эксплуатации каждой секции совершенно самостоятельно.

3.3.1.1 Конструкция предлагаемой к установке вентиляторной градирни

Каркас градирни образует сборный высокопарный стальной скелет, изготовленный из катанных, стальных профилей. Отдельные части взаимно соединены высокопрочными болтами. Комплектный скелет градирни и отдельные его части, включая соединительный материал, обработаны поверхностной защитой жаровым цинкованием. [23]

Своими размерами и приспособленностью скелет решен так, чтобы на его опорной части можно было установить технологические части градирни. Сама технологическая часть включает оросители, образованные из блоков ПВХ, общей высотой 1200 мм, что образует нужную теплосъемную поверхность для охлаждения воды и требуемого температурного перепада.

Над оросителями будет расположена водораспределительная система. Каждая секция градирни имеет два входных стальных трубопровода DN 600, которые внутри градирни будут взаимно соединены системой трубок из

ПВХ, на которых, на одинаковых промежутках, будут расположены пластиковые разбрызгивающие форсунки. Стальной трубопровод так же обработан поверхностной защитой жаровым цинкованием.

На этих пластиковых трубках будут расположены водоуловители, которые своей конструкцией и формой препятствуют уносу воды и выносу вентилятором мелких водных капель из пространства градирни. Требуемую производительность градирни будет обеспечивать, кроме технологической внутренней оснастки, мощный вентилятор с пятью лопастями. Лопасты вентилятора изготовлены из стеклопластика.

Своей формой лопасти полностью соответствуют требованиям циркуляции воздуха внутри градирни и, одновременно, отличаются высоким КПД. Учитывая размеры градирни и требуемую производительность, предлагаем диаметр вентилятора 8 м.

Привод вентилятора обеспечивает специальный тихоходный асинхронный электродвигатель, предназначенный для прямого привода вентиляторов градирни с номинальной мощностью 110 кВт (380 В). Предлагаем, чтобы электродвигатели вентиляторов были управляемы с помощью частотного преобразователя в зависимости от температуры воды в бассейне. Электродвигатели вентиляторов могут быть поставлены и в двухскоростном исполнении (90 или 180 об/мин).

Неотъемлемой частью электродвигателей является система мониторинга, которая позволяет следить в реальном времени за температурой верхнего и нижнего подшипника, температурой обмотки и вибрацией всего вентиляторного узла. При соответствующем электроподключении, электродвигатель можно эксплуатировать в реверсе, что позволяет отстранить обледенения на оросителях в зимний период.

Сам вентиляторный узел расположен внутри двухслойного стеклопластикового диффузора, который своей формой и конструктивным решением ограничивает шумовую нагрузку окружающей среды градирни. Компонентом технологической части градирни являются обслуживные мостики и площадки, позволяющие приступ к технологической части градирни и к электродвигателю вентилятора. Вход на технологические мостики обеспечен через входное, закрывающееся отверстие с площадки вентилятора и по внутренней лестнице. Эти стальные части так же изготовлены из стальных профилей с поверхностной обработкой жаровым цинкованием. Обшивка градирни – стеклопластиковые пластины, прикрепленные к несущему стальному скелету с помощью нержавеющей саморезов. Покрытие градирни на ее верхней части – стальной листовой металл. Верхняя площадка снабжена защитными перилами. Между градирнями будет находиться выходная лестница для обеих градирен. Эта лестница так же имеет защитные перила, собранная с помощью болтовых соединений.

Частью градирни являются и разделительные стены между отдельными секциями, и ветровые стены, расположенные посреди градирни в ее продольной плоскости. Во всасывающих отверстиях по периметру градирни будут установлены противоморозные жалюзи из нержавеющей стали.

Жалюзи препятствовать образованию обледенения оросителей в зимний период, и, таким образом, промерзанию целой градирни. По периметру градирни на грани бассейна будут установлены перила безопасности, в нижней части которых будут закреплены стеклопластиковые плиты, а в верхней части – мелкое сито. Это предотвращает проникновение нечистот из окружающей среды градирни до сборного бассейна, и, таким образом, до циркуляционного круга.

Для легкости управления каждая секция градирни оборудована панелью местного управления, которая будет расположена на площадке вентилятора. С нее будет возможно управлять и включать/выключать вентиляторную единицу по требованию обслуживающего персонала или контроля.

3.3.1.2 Назначение, устройство и принцип работы градирни БГ-1600

Башенная градирня БГ – 1600 – капельно-пленочная градирня служит для охлаждения циркуляционной воды турбоагрегатов. По устройству, градирня представляет тонкостенную пустотелую башню.

Основание градирни выполнено из монолитного железобетона, на который опирается стальной каркас самой башни, обшитый волнистыми асбоцементными листами.

Общая высота градирни над землёй 55,3 м, диаметр градирни по контуру козырька 50,8 м. Площадь, занимаемая градирней 2205,5 м².

Нормальная производительность градирни 9000 – 11000 м³/час, при соответствующем перепаде температуры 8 – 10⁰С.

Площадь орошения градирни 1600 м². Вытяжная тонкостенная башня охватывает своей нижней частью водоохладительное устройство и водосборный бассейн ёмкостью 3000 м³.

Градирня выполнена с разделением на 2 секции, что даёт возможность отключать одну из половин градирни для ремонта и осмотра без прекращения работы другой половины.

Обе секции водосборного бассейна снабжены переливными трубами, для опорожнения и подпитки градирни от городского водовода.

Напорный железобетонный стояк высотой 3 м, с распределительными устройствами наверху, расположен в центре градирни.

Каркас оросителя и водораспределительные лотки, выполнены из волнистых асбоцементных листов, а ветровые перегородки из дерева.

Циркуляционная вода конденсаторов турбин по стальным напорным трубам диаметром 1800 мм поступает к градирне в распределительный резервуар, циркуляционная вода растекается по девяти водораспределительным лоткам и желобам.

Вода из желобов стекает на фарфоровые тарелки (розетки), разбивается о них на мелкие капли и пыль.

После разбрызгивания с тарелок вода попадает на оросители, на которых образуется тонкая водяная плёнка и стекает в водосборный бассейн.

На своём пути капелька воды отдаёт часть своего тепла в окружающую среду. Это тепло из камина градирни самотягой, вместе с парами воды, удаляется из башни.

Минимально возможная температура охлаждения циркуляционной воды зависит от температуры окружающего воздуха.

В своём пределе, температура охлаждающей воды теоретически может достигнуть температуры окружающего воздуха.

Практически температура охлаждения сильно зависит от плотности дождя, т.е. от расхода циркуляционной воды через градирню и от величины открытия нижнего входа для воздуха, от исправности и наличия тарелок разбрызгивателя (розеток), [24].

3.3. 1.3 Тепловой расчет вентиляторной градирни. [21]

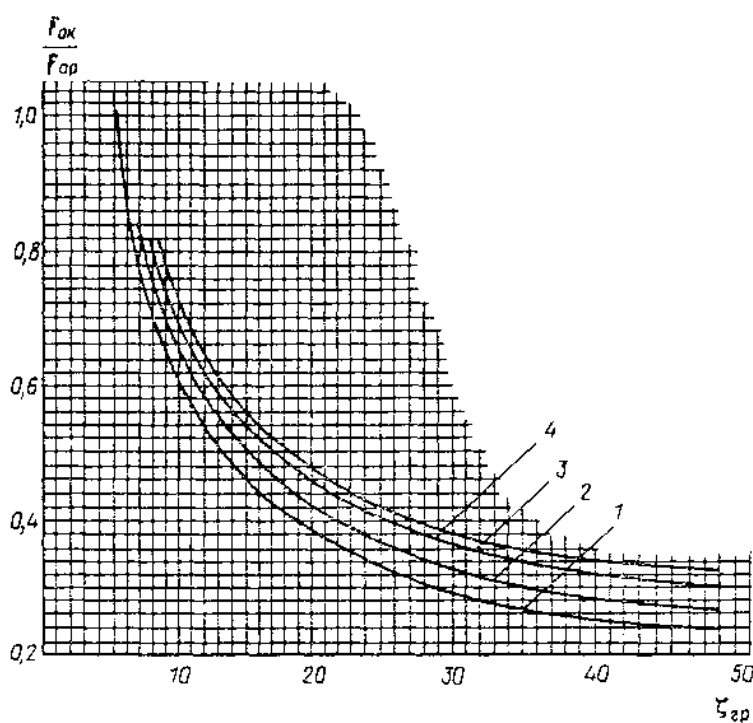
Исходные данные представлены в таблице 7.

Таблица 7-Исходные данные

1	Градирня	вентиляторная секционная
2	Гидравлическая нагрузка, $G_{ж}$	6000 м ³ /ч
3	Температура воды на входе в градирню, t_1	40 ⁰ С
4	Температура воды на выходе из градирни, t_2	25 ⁰ С
5	Температура воздуха по сухому термометру, ϑ	22,5 ⁰ С
6	Влажность, φ	55%
7	Барометрическое давление, $P_б$	750 мм.рт.ст. (99, 98 кПа)
8	Площадь секции градирни, $f_{ор}$	192 м ²
9	Высота оросителя, $h_{ор}$	3,8 м
10	Площадь воздухоудных окон, $f_{ок}$	72 м ²
11	Ороситель	капельный
12	Эмпирический коэффициент, характеризующий влияние конструктивных особенностей оросителя на его охлаждающую способность, A	0,293 м ⁻¹
13	Показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха, m	0,45
14	Коэффициент сопротивления сухого оросителя, $\zeta_{с.о.}$	10,7 м ⁻¹
15	Коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние плотности орошения на аэродинамическое сопротивление оросителя, $\kappa_{ор}$	0,137 · 10 ⁻³ м ³ ч/кг
16	Водоуловитель	уголковый, ПВХ
17	Коэффициент аэродинамического сопротивления водоуловителя, $\zeta_{в.у.}$	4,2 м ⁻¹

Окончание таблицы 7

18	Отношение площади воздухоудных окон к площади секции, $f_{ок}/f_{ор}$	0,375
19	Вентилятор	2ВГ70
20	Номинальная подача вентилятора	$1100 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$
21	Вспомогательные расчетные величины, определяемые согласно	
22	L	$-23,593 \cdot 10^{-12} \text{ кг} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^8$
23	M	$38,735 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$
24	d_g	$2,013 \text{ кг}/\text{м}^2$
25	Коэффициент аэродинамического сопротивления градирни без оборудования, $\zeta_{гр}$. (определяется по рис.3.3 , график 4)	29 м^{-1}
26	Половина длины подросительного расстояния от воздухоудных окон до центра градирни, l	4 м

Рисунок 34- График зависимости $\zeta_{гр}$ от отношения $f_{ок}/f_{ор}$.

1 - башенные градирни; 2 - отдельно стоящие градирни с конфузоре и диффузором перед и после вентилятора; 3 - квадратные секционные градирни; 4 - прямоугольные секционные градирни (отношение сторон 1:1,5) в зависимости от отношения площади воздухоудных окон градирни (секции) $f_{ок}$ к площади градирни (секции) в плане $f_{ор}$.

Определение расчетных параметров атмосферного воздуха.

При $\vartheta = 22,5^{\circ}\text{C}$ по таблице 8 парциальное давление насыщенных паров воды, $p_n'' = 2,725 \text{ кПа}$, плотность насыщенных паров $\gamma_n'' = 20 \cdot 10^{-3} \text{ кгс/м}^3$.

Таблица 8 - Значение парциального давления и плотности насыщенных паров воды.

Температура воды t , $^{\circ}\text{C}$	Парциальное давление насыщенных паров воды p''_n		Плотность насыщенных паров воды γ''_n	
	кПа	кгс/м ²	Н/м ³	10^3 кг/м^3
15	1,704	173,8	125,5	12,8
16	1,817	185,3	133,4	13,6
17	1,936	197,4	142,2	14,5
18	2,062	210,3	151,0	15,4
19	2,196	223,9	160,0	16,3
20	2,377	238,3	169,7	17,3
21	2,485	253,4	179,5	18,3
22	2,642	269,4	190,3	19,4
23	2,808	286,3	202,0	20,6
24	2,981	304,0	213,8	21,8
25	3,168	323,0	225,6	23,0
26	3,364	343,0	239,3	24,4
27	3,560	363,0	253,0	25,8
28	3,776	385,0	266,0	27,2
29	4,001	408,0	281,5	28,7
30	4,246	433,0	297,2	30,3
31	4,492	458,0	314,8	32,1
32	4,756	485,0	332,5	33,9
33	5,031	513,0	350,1	35,7
34	5,315	542,0	368,7	37,6
35	5,619	573,0	388,4	39,6
36	5,943	606,0	409,9	41,8
37	6,276	640,0	431,5	44,0
38	6,630	676,0	454,1	46,3
39	6,992	713,0	477,6	48,7
40	7,375	752,0	502,1	51,2

Плотность влажного атмосферного воздуха определяется по формуле

$$\gamma_1 = \frac{P_0 - \varphi \cdot p_n''}{0,00981 \cdot R_{\text{вс}} (\vartheta + 273,2)} + \varphi \cdot \gamma_n'',$$

где $R_{\text{вс}} = 29,27 \text{ кг}\cdot\text{м}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ – газовая постоянная сухого воздуха.

Плотность влажного атмосферного воздуха будет равна

$$\gamma_1 = \frac{99,98 - 0,55 \cdot 2,725}{0,00981 \cdot 29,27(22,5 + 273,2)} + 22,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 1,61 \text{ кгс/м}^3.$$

При $t_1 = 40^\circ\text{C}$ по таблице 3.4 парциальное давление насыщенных паров воды, $p_n'' = 7,375$ кПа, плотность насыщенных паров $\gamma_n'' = 51,2 \cdot 10^{-3}$ кгс/м³.

При $t_2 = 25^\circ\text{C}$ по таблице 3.4 парциальное давление насыщенных паров воды, $p_n'' = 3,167$ кПа, плотность насыщенных паров $\gamma_n'' = 23 \cdot 10^{-3}$ кгс/м³.

При $t_{cp} = 32,5^\circ\text{C}$ по таблице 3.4 парциальное давление насыщенных паров воды, $p_n'' = 4,8935$ кПа, плотность насыщенных паров $\gamma_n'' = 34,8 \cdot 10^{-3}$ кгс/м³.

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды на входе в градирню определяется по формуле

$$i_1'' = \left[0,24 \cdot t_1 + \frac{\varphi \cdot \gamma_n'' \cdot R_{ec}(t_1 + 273,2) \cdot 0,00981}{P_o - \varphi \cdot p_n''} \cdot \left(\frac{r}{4,19} + 0,47 \cdot t_1 \right) \right] \cdot 4,19,$$

где $\varphi = 1$;

$r = 2493$ кДж/кг – удельная теплота парообразования.

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды на входе в градирню будет равна [21]

$$i_1'' = \left[0,24 \cdot 40 + \frac{1 \cdot 51,2 \cdot 10^{-3} \cdot 29,27 \cdot (40 + 273,2) \cdot 0,00981}{99,98 - 1 \cdot 7,375} \cdot \left(\frac{2493}{4,19} + 0,47 \cdot 40 \right) \right] \cdot 4,19 = 168,097 \text{ кДж/кг}$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды на выходе из градирни определяется по формуле

$$i_2'' = \left[0,24 \cdot t_2 + \frac{\varphi \cdot \gamma_n'' \cdot R_{ec}(t_2 + 273,2) \cdot 0,00981}{P_o - \varphi \cdot p_n''} \cdot \left(\frac{r}{4,19} + 0,47 \cdot t_2 \right) \right] \cdot 4,19$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды на выходе из градирни будет равна

$$i_2'' = \left[0,24 \cdot 25 + \frac{1 \cdot 23 \cdot 10^{-3} \cdot 29,27 \cdot (25 + 273,2) \cdot 0,00981}{99,98 - 1 \cdot 3,167} \cdot \left(\frac{2493}{4,19} + 0,47 \cdot 25 \right) \right] \cdot 4,19 = 76,855 \text{ кДж/кг}$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды при ее средней температуре определяется по формуле

$$i_m'' = \left[0,24 \cdot t_{cp} + \frac{\varphi \cdot \gamma_n'' \cdot R_{ec} (t_{cp} + 273,2) \cdot 0,00981}{P_{\sigma} - \varphi \cdot p_n''} \cdot \left(\frac{r}{4,19} + 0,47 \cdot t_{cp} \right) \right] \cdot 4,19$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды при ее средней температуре будет равна.[22]

$$i_m'' = \left[0,24 \cdot 32,5 + \frac{1 \cdot 34,8 \cdot 10^{-3} \cdot 29,27 \cdot (32,5 + 273,2) \cdot 0,00981}{99,98 - 1 \cdot 4,8935} \cdot \left(\frac{2493}{4,19} + 0,47 \cdot 32,5 \right) \right] \cdot 4,19 = 114,8267 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха определяется по формуле

$$i'' = \left[0,24 \cdot \vartheta + \frac{\varphi \cdot \gamma_n'' \cdot R_{ec} (\vartheta + 273,2) \cdot 0,00981}{P_{\sigma} - \varphi \cdot p_n''} \cdot \left(\frac{r}{4,19} + 0,47 \cdot \vartheta \right) \right] \cdot 4,19$$

Величина удельной энтальпии насыщенного воздуха будет равна

$$i'' = \left[0,24 \cdot 22,5 + \frac{1 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 29,27 \cdot (22,5 + 273,2) \cdot 0,00981}{99,98 - 1 \cdot 2,725} \cdot \left(\frac{2493}{4,19} + 0,47 \cdot 22,5 \right) \right] \cdot 4,19 = 66,928 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Поправка к энтальпии будет равна

$$\delta_i'' = \frac{i_1'' + i_2'' - 2 \cdot i_m''}{4}$$

$$\delta_i'' = \frac{168,097 + 76,855 - 2 \cdot 114,8267}{4} = 3,82$$

Для дальнейшего расчета необходимо вычислить вспомогательные величины Y , U , R .

Величина Y будет равна

$$Y = \frac{i_1'' - i'' - \delta_i''}{i_2'' - i'' - \delta_i''}$$

$$Y = \frac{168,097 - 66,928 - 3,82}{76,855 - 66,928 - 3,82} = 15,94$$

Величина U будет равна

$$U = \frac{(t_1 - t_2) \cdot c_{ж}}{(i_2'' - i'' - \delta_i'') \cdot k},$$

где $c_{ж} = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ – удельная теплоемкость воды;

k – поправочный коэффициент, который равен

$$k = 1 - \frac{t_2 \cdot c_{ж}}{r}$$

$$k = 1 - \frac{25 \cdot 4.19}{2493} = 0,958$$

Тогда величина U будет равна

$$U = \frac{(40 - 25) \cdot 4.19}{(76,855 - 66,928 - 3,82) \cdot 0,958} = 7,74$$

Величина R будет равна

$$R = \frac{U^{1-m}}{A \cdot h_{op}}$$

$$R = \frac{10,74^{1-0,45}}{0,293 \cdot 3,8} = 3,3142$$

По графику на рисунке 35 определяем вспомогательную величину x при $x = 2,255$ $m=0,45$.

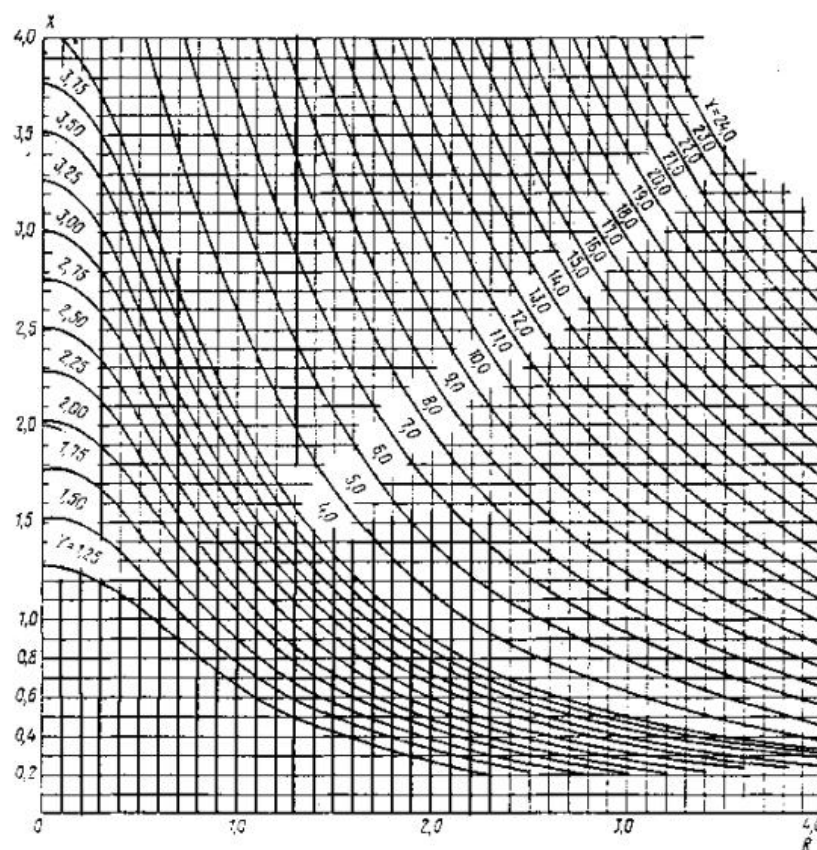


Рисунок 35 - Зависимость величины x от Y и R при $m = 0,45$.

Относительный расход воздуха в градирне определяется по формуле

$$\lambda = \frac{U}{x}$$

Относительный расход воздуха в градирне будет равен

$$\lambda = \frac{7,74}{2,255} = 3,4 \text{ кг / кг}$$

Определение плотности орошения и необходимого количества секций.

Коэффициент аэродинамического сопротивления элементов градирни, не зависящий от плотности орошения определяется по формуле

$$\zeta_1 = k_{\text{ор}} h_{\text{ор}} + 0,000025l + 0,0002$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления элементов градирни, не зависящий от плотности орошения будет равен

$$\zeta_1 = 0,137 \cdot 10^{-3} \cdot 3,8 + 0,000025 \cdot l + 0,0002 = 0,8206 \cdot 10^{-3}$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от плотности орошения определяется по формуле

$$\zeta_2 = \zeta_{\text{зр}} + \zeta_{\text{с.о.}} h_{\text{ор}} + 0,1l + \zeta_{\text{в.у}}$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от плотности орошения будет равен

$$\zeta_2 = 29 + 10,7 \cdot 3,8 + 0,1 \cdot 4 + 4,2 = 74,26$$

Плотность орошения определяется по уравнению

$$a_B q_{\text{жс}}^3 + b_B \cdot q_{\text{жс}}^2 - c_B \cdot q_{\text{жс}} - \frac{d_B}{1,2} = 0$$

Коэффициенты a_B , b_B и c_B находим по формулам

$$a_B = \frac{\lambda^2 \cdot \zeta_1}{3600^2 \cdot 2 \cdot g \cdot \gamma_1},$$

$$b_B = \frac{\lambda^2 \cdot f_{\text{оп}}^2}{\gamma_1^2} \cdot \left(\frac{\zeta_2}{f_{\text{оп}}^2 \cdot 3600^2 \cdot 2 \cdot g} - \frac{L}{1,2} \right),$$

$$c_B = \frac{M \cdot \lambda \cdot f_{\text{оп}}}{1,2 \cdot \gamma_1},$$

где g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$.

Тогда коэффициенты a_B , b_B и c_B будут равны

$$a_B = \frac{4,763^2 \cdot 0,8206 \cdot 10^{-3}}{3600^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 1,61^2} = 28,245 \cdot 10^{-12}$$

$$b_B = \frac{4,763^2 \cdot 192^2}{1,61^2} \cdot \left(\frac{74,26}{192^2 \cdot 3600^2 \cdot 2 \cdot 9,81} - \frac{(-23,593 \cdot 10^{-12})}{1,2} \right) = 890,064 \cdot 10^{-8}$$

$$c_B = \frac{38,73 \cdot 10^{-6} \cdot 4,763 \cdot 192}{1,2 \cdot 1,61} = 183,3252 \cdot 10^{-4}$$

Тогда уравнение нахождения плотности орошения будет иметь вид

$$28,245 \cdot 10^{-12} \cdot q_{\text{жс}}^3 + 890,064 \cdot 10^{-8} \cdot q_{\text{жс}}^2 - 183,3252 \cdot 10^{-4} \cdot q_{\text{жс}} - \frac{2,013}{1,2} = 0$$

Решая данное уравнение, находим плотность орошения $q_{\text{жс}}$. Для решения воспользуемся методом половинного деления.

Полагая, что

$$f(q_{\text{жс}}) = 28,245 \cdot 10^{-12} \cdot q_{\text{жс}}^3 + 890,064 \cdot 10^{-8} \cdot q_{\text{жс}}^2 - 183,3252 \cdot 10^{-4} \cdot q_{\text{жс}} - \frac{2,013}{1,2}$$

имеем

$$f'(q_{\text{жс}}) = 84,735 \cdot 10^{-12} \cdot q_{\text{жс}}^2 + 1780,128 \cdot 10^{-8} \cdot q_{\text{жс}} - 183,3252 \cdot 10^{-4}.$$

Найдем корни производной. Для этого необходимо решить квадратное уравнение

$$84,735 \cdot 10^{-12} \cdot q_{\text{жс}}^2 + 1780,128 \cdot 10^{-8} \cdot q_{\text{жс}} - 183,3252 \cdot 10^{-4} = 0$$

Находим дискриминант

$$D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$$

$$D = (1780,128 \cdot 10^{-8})^2 - 4 \cdot 84,735 \cdot 10^{-12} \cdot 183,3252 \cdot 10^{-4} = 3106719,456 \cdot 10^{-16}$$

Корни уравнения находим по формулам

$$q_{\text{жс}1} = \frac{b + \sqrt{D}}{2 \cdot a}$$

$$q_{\text{жс}1} = \frac{1780,128 \cdot 10^{-8} + \sqrt{3106719,456 \cdot 10^{-16}}}{2 \cdot 84,735 \cdot 10^{-12}} = 20,905 \cdot 10^4$$

$$q_{\text{жс}2} = \frac{b - \sqrt{D}}{2 \cdot a}$$

$$q_{ж2} = \frac{1780,128 \cdot 10^{-8} - \sqrt{3106719,456 \cdot 10^{-16}}}{2 \cdot 84,735 \cdot 10^{-12}} = 0,1035 \cdot 10^4$$

Составим таблицу знаков функций $f(q_{ж})$:

Таблица 9 - Знаки функций $f(q_{ж})$

$q_{ж}$	$-\infty$	$0,1035 \cdot 10^4$	$20,905 \cdot 10^4$	$+\infty$
$f(q_{ж})$	-	-	+	+

Из таблицы 3.5 видно, что уравнение имеет один действительный корень:

$$q_{жс} \in [0,1035 \cdot 10^4; 20,905 \cdot 10^4]$$

Уменьшим промежуток, в котором находится корень:

Таблица 10- Промежутки в которых находится корень

$q_{ж}$	$0,207 \cdot 10^4$	$10,4527 \cdot 10^4$
$f(q_{ж})$	-	+

Корень уравнения находится в промежутке $q_{жс} \in [0,207 \cdot 10^4; 10,4527 \cdot 10^4]$.

Уточним корень уравнения. Все вычисления удобно производить, используя следующую таблицу 11:

$$f(q_{жс}) = 28,245 \cdot 10^{-12} \cdot q_{жс}^3 + 890,064 \cdot 10^{-8} \cdot q_{жс}^2 - 183,3252 \cdot 10^{-4} \cdot q_{жс} - \frac{2,013}{1,2}$$

Таблица 11- Таблица для расчётов

N	a_n	b_n	$q_{жс} = \frac{a_n + b_n}{2}$	$28,245 \cdot 10^{-12} \cdot q_{жс}^3$	$890,064 \cdot 10^{-8} \cdot q_{жс}^2$	$183,3252 \cdot 10^{-4} \cdot q_{жс}$	$f(q_{жс})$
0	$0,207 \cdot 10^4$	$10,4527 \cdot 10^4$	$5,32985 \cdot 10^4$	4276,482	25284,315	977,096	28582,0235
1	$0,207 \cdot 10^4$	$5,32985 \cdot 10^4$	$2,768425 \cdot 10^4$	599,2939	6821,6285	507,522	6911,7229
2	$0,207 \cdot 10^4$	$2,768425 \cdot 10^4$	$1,4877 \cdot 10^4$	93,0009	1969,977	273,7329	1788,5675
3	$0,207 \cdot 10^4$	$1,4877 \cdot 10^4$	$0,84735 \cdot 10^4$	17,1843	639,066	155,3404	499,2324
4	$0,207 \cdot 10^4$	$0,84735 \cdot 10^4$	$0,527175 \cdot 10^4$	4,1379	247,3488	96,644	153,1652
5	$0,207 \cdot 10^4$	$0,527175 \cdot 10^4$	$0,3670875 \cdot 10^4$	1,3969977	119,9361	67,2963	52,359277
6	$0,207 \cdot 10^4$	$0,3670875 \cdot 10^4$	$0,28704375 \cdot 10^4$	0,66799	73,3413	52,6222	19,70959
7	$0,207 \cdot 10^4$	$0,28704375 \cdot 10^4$	$0,24702 \cdot 10^4$	0,42565	54,3117	45,2849	7,77495
8	$0,207 \cdot 10^4$	$0,24702 \cdot 10^4$	$0,22701 \cdot 10^4$	0,3305	45,838	41,6166	2,8744
9	$0,207 \cdot 10^4$	$0,22701 \cdot 10^4$	$0,217005 \cdot 10^4$	0,28866	41,913	39,7827	0,7418
10	$0,207 \cdot 10^4$	$0,217005 \cdot 10^4$	$0,217005 \cdot 10^4$	0,2683	40,0084	38,865	-0,2658
11	$0,2120025 \cdot 10^4$	$0,217005 \cdot 10^4$	$0,2145 \cdot 10^4$	0,27878	40,9429	39,323	0,22118
12	$0,2120025 \cdot 10^4$	$0,2145 \cdot 10^4$	$0,21325 \cdot 10^4$	0,2739	40,4979	39,094	0,0003

Исходя из проведённых расчётов определяем $q_{жс} = 9,1664 \cdot 10^3 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$

Необходимое количество секций вентиляторной градирни определяется по формуле

$$N = \frac{G_{ж}}{q_{ж} \cdot f_{op}}$$

$$N = \frac{5280 \cdot 10^3}{9,1664 \cdot 10^3 \cdot 192} = 3,0000872$$

Принимаем к установке 3 секции.

После определения плотности орошения необходимо проверить соответствие аэродинамических характеристик градирни напору, развиваемому вентилятором. Для этой цели необходимо определить подачу воздуха вентилятором G_B'' .

Подача воздуха вентилятором определяется по формуле

$$G_B'' = \frac{\lambda \cdot q_{ж} \cdot f_{op}}{\gamma_1}$$

$$G_B'' = \frac{3,4 \cdot 9,1664 \cdot 10^3 \cdot 192}{1,61} = 3716,662 \cdot 10^3 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Отклонение от номинальной подачи составляет

$$\frac{3716,662 - 1100}{1100} \cdot 100\% = 13,7\%,$$

что можно считать допустимым.

Из расчетов следует, что на одну систему оборотного водоснабжения требуется установить 3 секции.

Таблица 12 – Краткая характеристика существующих градирен БГ-1600

Наименование	Значение
Площадь орошения, м ²	1600
Гидравлическая нагрузка, м ³	14000
Высота башни, м	64,5
Высота подачи воды, м	6,05
Диаметр окружности вписанной в каркас башни внизу, м	50,66
Диаметр окружности вписанной в каркас башни в горловине, м	29

Нормальная производительность градирни 9000 – 11000 м³/час, при соответствующем перепаде температуры 8 – 10⁰С. Площадь орошения

градирни 1600 м^2 . Вытяжная тонкостенная башня охватывает своей нижней частью водоохладительное устройство и водосборный бассейн ёмкостью 3000 м^3 .

Водоохладительное устройство представляет собой: ороситель двухъярусный из блоков БОП-1-650 размерами $680 \times 690 \times 650$. Блок оросителя состоит из специальных полимерных перфорированных трубок (ТП), размещенных вертикально и скрепленных при помощи дистанционных втулок. Трубки и втулки свариваются путем оплавления их концов. С целью снижения капельного уноса во время эксплуатации градирни предусматривается установка водоуловительного устройства перекрестно-гофрированного типа фирмы ЭКОТЭП. Блок водоуловителя из поливинилхлорида. Блок водоуловителя ВУП-60/120 ($1600 \times 520 \times 140$) состоит из поливинилхлоридных уголкового гофрированных элементов, выполненных из полиэтилена или полипропилена. Водораспределительное устройство градирни состоит из: подводящих трубопроводов; магистральных трубопроводов; рабочих трубопроводов; разбрызгивающих сопел с чашечным отражателем СР – 2М (1540 штук). Форма вытяжной башни – усеченная пирамида до отметки 21.100 м, выше – тороид вращения. Стальной несущий каркас вытяжной башни по высоте разбит на 6 ярусов, а в плане на 16 граней. Каркас собирается из 96 укрупненных монтажных марок шести типоразмеров. В состав воздухорегулирующего устройства входят: балки перекрытия; вертикальные поворотные щиты; балки для опирания вертикальных поворотных щитов.[24]

Вывод :

Наиболее экономично применение двух башенных градирен, площадью орошения по 1600 м^2 каждая и одной вентиляторной градирни.

При технико-экономических расчётах были приняты следующие исходные данные:

- расчётный расход воды – $31000 \text{ м}^3/\text{час}$.

- температуры охлаждённой воды подсчитаны по среднемесячным климатическим данным для части месяцев года с положительными температурами наружного воздуха в предположении, что в зимние месяцы, температура охлаждающей воды одинакова для всех типов охладителей.

- число часов работы вентиляторов в году составляет 43300 ч.

- стоимость электроэнергии – 4,51 тенге за кВт/час.

- для расчёта, условно принята работа двух турбин на конденсационном режиме, и остальных трёх, при среднем расчётном режиме летом, с поступлением пара в конденсатор, в количестве $150,5 \text{ т/ч}$. Наиболее экономичным является вариант с двумя башенными градирнями БГ – 1600, площадью орошения по 1600 м^2 и одной вентиляторной с тремя секциями, по $1760 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждая. В результате установки вентиляторной градирни будет достигнут охладительный эффект на $6 - 8^\circ \text{С}$ выше.

Немаловажным преимуществом предлагаемой к установке градирни является возможность отключения-включения в работу части блоков, в зависимости от нагрузок на узел водооборота. Невысокая цена оборудования

и строительно-монтажных работ. Решение проблем обледенения конструкций.

Ожидаемый технический эффект от внедрения вентиляторной градирни:

- возможность дополнительной выработки электроэнергии станции в тёплый период года на 18 МВт/ч, снижение потерь тепла в зимний период на 21,3 Гкал/ч.

При двух башенных БГ – 1600, площадью орошения по 1600 м² и одной вентиляторной с тремя блоками, по 1760 м³/ч каждый, плотность орошения в летнее время, при среднем расчётном режиме составляет

$$\frac{24000}{2 \cdot 1600 + 1760 \cdot 3} = 2,8 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час.}$$

Температурный перепад в оборотной системе при кратности охлаждения

K = 60 в летнее время равен, находим по формуле

$$\Delta t = \frac{535}{60} = 8,9^\circ\text{C.}$$

При средней многолетней температуре воздуха по сухому термометру, в 13 часов дня, равной 27,3°C и влажности 47%, расчётная температура охлаждённой воды, по кривым охлаждения воды в башенных 2,5 м³/м² и вентиляторной градирнях составляет при плотности орошения,

$$t_2 = 29,9 + 1,0 = 30,9^\circ\text{C.}$$

Найденные температуры охлаждённой воды, в летние месяцы ниже допускаемой (33°C) для турбин высокого давления, и обеспечивают вакуум в конденсаторах около 92%. В зимних условиях работы ТЭЦ, плотность орошения в градирнях, находим

$$\frac{14900}{2 \cdot 1600 + 1760 \cdot 3} = 1,76 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час.}$$

Поэтому, во избежание обледенения градирни, необходимо зимой отключать центральную часть градирни.

Рассмотрим водоохлаждающую градирню модели AKS закрытого типа которая представлена на рисунке 3.4:

3.3.2 Метод снижения расхода технической воды путём установки сухой градирни

3.3.2. 2 Принцип работы сухой градирни серии AKS

Сухая градирня (драйкулер) это ребристо - трубчатый теплообменник, оснащенный вентиляторами для охлаждения теплоносителя, который циркулирует по замкнутому контуру. Охлаждение теплоносителя в этом устройстве происходит благодаря потоку уличного воздуха, нагнетаемого вентиляторами. Сухой охладитель разработан для наружной установки, а в качестве теплоносителя в нем используется вода с гликолем, что предохраняет его от замерзания. Из градирни теплоноситель поступает в систему холодильной установки для охлаждения узлов и механизмов, а затем снова возвращается в драйкулер, чтобы отвести тепло конденсации в атмосферу.

Обычно сухая градирня оборудуется осевыми вентиляторами такой мощности, что ее вполне хватает, чтобы нагнетать необходимую силу потока. Однако, когда надо повысить напор воздуха, в этих устройствах используют более мощные и эффективные центробежные вентиляторы. Кроме различных отраслей промышленности, сухой охладитель эффективно применяют совместно с чиллерами в системах кондиционирования воздуха в супермаркетах и крупных магазинах. При использовании в таких случаях, компрессорные агрегаты обычно размещаются в звукоизолированных технических помещениях, а драйкулер устанавливается на крыше здания или специальной площадке.

На рисунке 36 представлена водоохлаждающая градирня



Рисунок 36 - Водоохлаждающая градирня модели AKS закрытого типа

Система охлаждения замкнутого контура использует воздушно-жидкостный теплообменник, основанный на охлаждении под действием воздушного потока.

Основной плюс сухой градирни помимо цены состоит в том, что вода, предназначенная для охлаждения, защищена от атмосферной пыли и других загрязняющих веществ, тем самым исключается возможность отложения взвешенных частиц на теплообменнике.

Вентиляторы установки управляются микропроцессором, установленным на желаемую температуру. Дисплей панели управления градирни показывает температуру воды в баке. На рисунке 37 представлен план схема цеха с использованием в качестве водоохлаждающего оборудования сухих градирен.

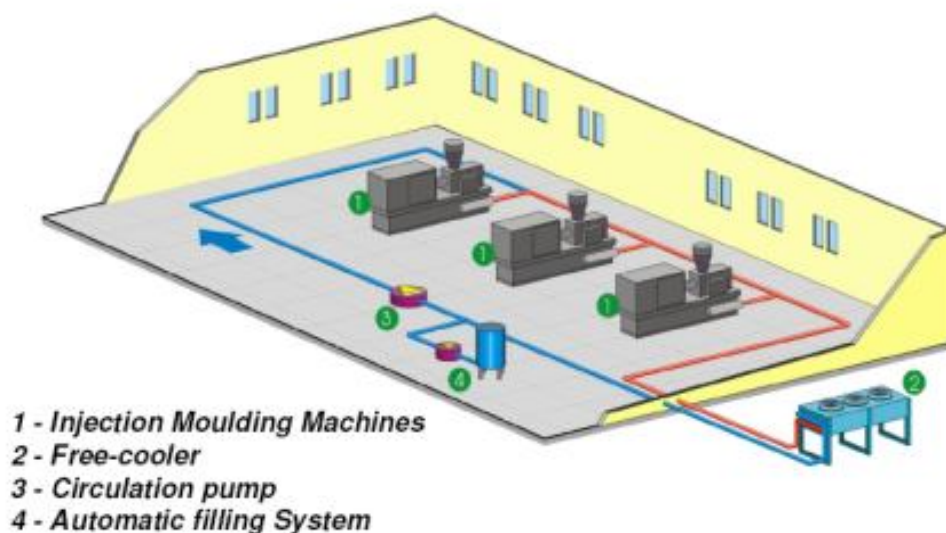


Рисунок 37- План схема цеха с использованием в качестве водоохлаждающего оборудования сухих градирен
3.3.2.3 Принцип работы Драйкулера (сухие охладители) FRITERM



Рисунок 38 - [Драйкулер серий](#) **FYKS / FDKS** 13,5 kW - 700 kW

Виды драйкулеров:

- Серия **FYKS** – горизонтальные драйкулеры.
- Серия **FDKS** - вертикальные драйкулеры (сухие охладители).
- [Драйкулеры V-образные серии](#) **FVKS** 55 kW - 996 kW

Модели драйкулеров предлагаемые производителем представлены в таблице 13.

Таблица 13- Модификации драйкулеров

МОДЕЛЬ	Вентузел	Наличие	Q kW при $\Delta=15^{\circ}\text{C}$	Шум (dB)	С вентузлом Ziehl -Abegg. Без НДС и скидки (EURO)
FUH DK 5012C321 Q	2x500	18	32	29	2206
FUH DK 5013A125 S	3x500	2	60	48	2538
FUH DK 5013C321 L	3x500	26	61	40	3215
FUH DK 5014A321 Q	4x500	27	61	32	3973
FCV 3E 50 14 B211 3 QD	4x500	2	71	32	4680
FUH DK 5023A321 Q	6x500	10	92	34	5933
FUH DK 5024A121 Q	8x500	2	111	35	6805
FCH 3E 50 24 B211 3 QY	8x500	1	120	30	8979
FUH DK 5024C325 L	8x500	1	156	44	7841
FCH 3E 80 14 B221 3 QY	4x800	2	162	31	12694
FUH DK 5024.3B3S	8x500	11	257	54	9993
FCH 3E 80 14 E221 3 SY	4x800	0	270	48	12694
FCH 3E 80 14 B221 3 SD	4x800	2	319	53	12153
FCV 3E 80 14 B321 2 SD	4x800	2	350	53	14581
FCV 3E 80 14 E321 2 SD	4x800	2	378	53	15835
FCV3E6324B2113 SD	8x630	1	440	66	16694

Серия FVKS – V-образные горизонтальные драйкулеры (сухие градирни).

В системах холодильного оборудования и кондиционирования в роли теплообменников выступают **драйкулеры**, или как еще их называют **сухие охладители** или **градирни** с основной функцией – **охлаждение жидкостей**.

В качестве среды в зависимости от условий может выступать вода, смесь вода-пропиленгликоль, вода-этиленгликоль в различных пропорциях и в зависимости от точки замерзания.

FRITERM производит вертикальные ([FDKS](#)), горизонтальные ([FYKS](#)) и V образного исполнения ([FVKS](#)).

Все драйкулеры производства FRITERM комплектуются вентиляторами производства ZIEHL-ABEGG или EBMPAPST.

В стандартной комплектации клемная коробка.

Так же в качестве опций доступны:

- эпоксидная батарея
- виброопоры
- системы орошения Директ
- система орошения Экомеш (без водоподготовки)
- щит управления шаговым регулированием

Большинство промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций потребляют ежедневно огромное количество технической воды, идущей на охлаждение механизмов, агрегатов и узлов. При этом происходит значительный нагрев воды. Учитывая, что вода обычно в производственном технологическом процессе охлаждения движется по замкнутому контуру, ее саму необходимо тоже охлаждать, чтобы повысить эффективность охлаждения оборудования. Для таких целей (частичное охлаждение воды) используется сухая градирня. Такой сухой охладитель представляет собой устройство, в котором теплая вода незначительно теряет свою температуру. «Незначительно», в данном случае, означает, что при выходе из этого устройства вода бывает не ледяной, как после чиллера. Поступающая в градирню вода имеет температуру 40-50 градусов, а на выходе из нее температура воды снижается до 25-30 градусов.

Использование сухого охладителя имеет ряд преимуществ. При его применении не происходит испарение теплоносителя (воды), потому что он циркулирует по замкнутому контуру и, следовательно, он не загрязняется, не требует после охлаждения дополнительной очистки. Благодаря добавлению гликоля, весь контур предохраняется от размораживания. Применение сухой градирни не приводит к химическому загрязнению и повышению влажности воздуха, ее стараются использовать в местах, где уделяется большое внимание экологической обстановке.[26]

3.4 Метод снижения расхода технической воды путём применения испарительной установки, создание малосточной ТЭЦ

На Степногорской ТЭЦ в связи с увеличением объёма сточных вод обессоливающей установки возникла необходимость по изысканию методов их снижения.

Для этого предлагается включить в схему водоподготовки испаритель мгновенного вскипания (ИМВ), с целью переработки солевых стоков после химического обессоливания и обратного осмоса. На рисунке 39 показана установка ИМВ на Казанской ТЭЦ.[35]



Рисунок 39- Испарители ИМВ-50 в составе термообессоливающего комплекса 320 т/ч Казанской ТЭЦ-3

ИМВ могут быть включены в тепловую схему ТЭС по эквипотенциальной схеме без потерь тепловой экономичности станции. При этом пар, ранее направлявшийся для подогрева исходной воды перед ХВО, используется в головном подогревателе ИМВ, а исходная вода подогревается до 40 °С в последних ступенях ИМВ. В этом случае не требуется дополнительной генерации пара на ТЭС и отсутствует недовыработка электрической энергии. Однако в зависимости от условий заказчика возможны и другие схемы включения ИМВ в тепловую схему ТЭС. В частности, очень эффективным может быть вариант использования в качестве захлаживающего потока ИМВ подпитки теплосети. Такая схема позволит уменьшить количество ступеней испарителя, упростить его конструкцию и, следовательно, существенно сократить капитальные затраты.[36]

При внедрении данной технологии предприятие добьется решения следующих проблемы:

- предотвращение отложений солей жесткости (прежде всего карбоната и сульфата кальция);

- предотвращение инкрустации оборудования водорастворимыми солями, при тотальной выпарке солей;
- данный метод приведёт к существенному ресурсосбережению при создании современных ВПУ, которые базируются на мембранных технологиях;
- позволит получать обессоленную воду, и утилизировать низкопотенциальный пар и повышать энергоэффективность современных ТЭС;
- минимизации энергетических затрат.

Данный метод нашёл свое практическое применение на ряде объектов промышленной энергетики и показали свою технологическую устойчивость.

ИМВ многоступенчатый аппарат с принудительной циркуляцией, количество ступеней определяется необходимой тепловой эффективностью испарителя. Рабочий диапазон температур 100 – 40 °С. Обычно испаритель имеет два контура, подключенных последовательно. Температурный режим первого контура 100 – 70 °С, второго 70 – 40 °С.

Питательная вода поступает в первый контур, продувка первого контура является питательной водой второго контура. Концентрирование воды в первом контуре не более 2, во втором устанавливается в зависимости от требований технологии. Низкие температуры, отсутствие кипения на поверхностях нагрева, двухконтурная схема позволяют эффективно использовать ингибиторы накипеобразования и избегать температурных превращений солей. Питание испарителя можно производить жесткими стоками без предварительного умягчения. Предотвращение образования отложений достигается за счет использования ингибиторов накипеобразования.

С помощью только ингибиторов, глубокое концентрирование воды произвести не возможно. Для обеспечения глубокого концентрирования в технологическую схему испарителя включен специальный отстойник, предназначенный для вывода накипеобразователей. На рисунке 40 представлена установка концентрирования стоков.[37]

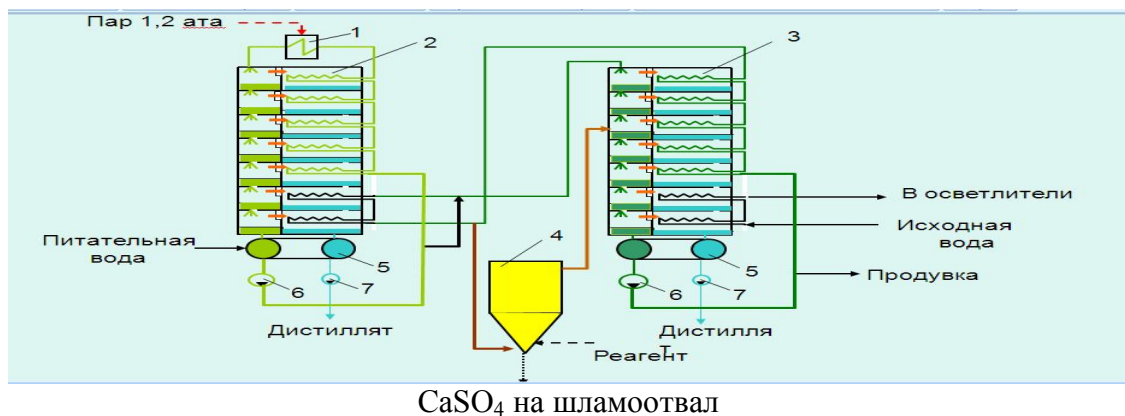


Рисунок 40- Установка концентрирования стоков

1 – головной подогреватель; 2 – первый корпус испарителя; 3 – второй корпус испарителя; 4 - отстойник; 5 – баки циркуляционных насосов и дистиллята; 6 – циркуляционные насосы; 7 - насосы дистиллята.

Часть воды второго контура отводится в отстойник. В нем воду обрабатывают щелочным реагентом. Состав реагента зависит от качества воды во втором контуре и соотношения концентраций карбоната и сульфата кальция. В результате обработки происходит кристаллизация сульфата кальция и, частично, карбоната кальция. Сульфат и карбонат кальция отделяют от маточного раствора и направляют нашламоотвал, а осветленный раствор возвращают в испаритель. В результате производится не только упаривания стоков, но и вывод из стоков сульфатов и получения гипса, который может быть использован в строительстве. В случае баланса сульфатов и солей жесткости 90 – 95 % сульфатов могут быть выведены из стоков в виде гипса. В этой связи перспективным представляется совместная переработка стоков химического обессоливания и натрий-катионирования. Соли жесткости, содержащиеся в регенерационном растворе натрий-катионирования, позволяют осадить сульфаты регенерационных растворов химобессоливания.[28]

В результате упаривания получают раствор, состоящий на 80 – 90 % из NaCl, пригодного для регенерации натрий-катионитовых фильтров. Количество регенерационного раствора будет немного больше потребности на величину NaCl поступающего с исходной водой на химическое обессоливание. Учитывая, что в большинстве случаев концентрация NaCl в исходной воде составляет 10 – 25 %, от общего солесодержания, объем стоков и количество сбрасываемых солей получается не большим.

Дистиллят ИМВ при работе на стоках имеет следующее качество:

Na	- не более 0,5 мг/дм ³ ,
SiO ₂	- не более 0,020 мг/дм ³ ,
жесткость	- не более 3 мкг-экв/дм ³ .

Представленная технология может обеспечить концентрирование раствора в 10 – 50 раз в зависимости от солевого состава исходных стоков, и вывести из раствора соли жесткости и сульфаты. В случае, если сброс воды в водоем не возможен, соли направляют на соленакопитель или производят выпарку раствора до получения твердых продуктов.

Представляет интерес оценка объема стоков, с которым приходится работать. При производительности обессоливающей установки 100 м³/ч, стоки (собственные нужды) составят 10 м³/ч, после упаривания на ИМВ объем стоков уменьшится до 0,5 - 1 м³/ч. Поэтому ИМВ получается не большим, а установка по тотальной выпарке солей совсем маленькой.

После ИМВ стоки можно просто упарить, с получением смеси солей не пригодных для дальнейшего использования, или произвести выпарку с дробной кристаллизацией позволяющую разделить соли. При выпарке первым кристаллизуется сульфат натрия, затем хлорид натрия и далее хлорид магния или кальция. Для каждой соли нужен свой выпарной аппарат, производительность выпарных аппаратов будет снижаться в аналогичной

последовательности. Первый выпарной аппарат будет иметь производительность 0,8 м³/ч, второй - 0,2 м³/ч, третий 0,1 - 0,01 м³/ч. Сульфат натрия получается достаточно чистым, хлорид натрия будет содержать до 25 % сульфата натрия.

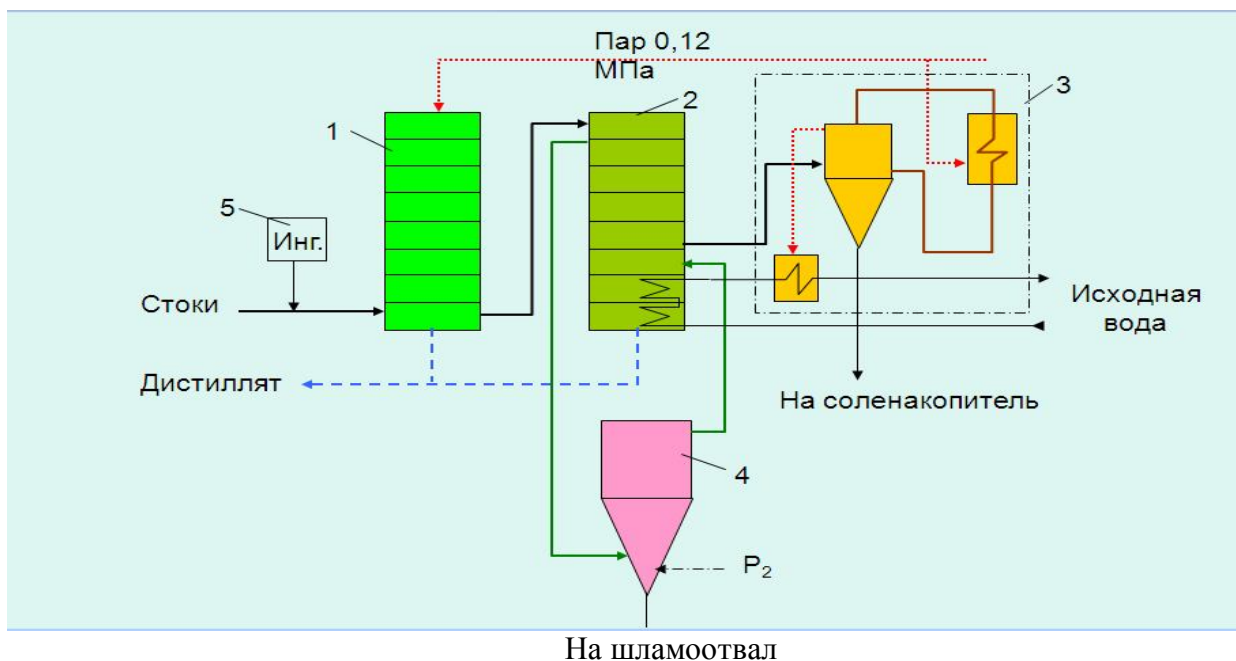


Рисунок 41 - Принципиальная схема работы испарителя мгновенного вскипания

1 – первый корпус ИМВ; 2 – второй корпус ИМВ; 3 – выпарной аппарат; 4 – отстойник; 5 - установка ввода ингибитора.

В последнее время большое распространение находит обессоливающая установка на основе обратного осмоса работающая по схеме: ультрафильтрация – обработка антискалантом – обратный осмос. Установка позволяет производить обессоливание воды с минимальным количеством реагентов. Особенностью сточных вод такой установки является высокая бикарбонатная жесткость. Концентрация бикарбоната кальция достигает 20 – 30 мг-экв/дм³. ЗАО «ИКСА» предлагает проводить переработку таких стоков по следующей технологии: термоумягчитель – ИМВ. Термоумягчитель позволяет снизить бикарбонатную жесткость до 3 - 5 мг-экв/дм³. Воду с такой жесткостью вполне можно направить на ИМВ и произвести её концентрирование. При необходимости концентрирование можно провести с выделением гипса. Такая установка позволяет продолжить подготовку воды с минимальным количеством реагентов.

На рисунке 42 представлена установка переработки стоков обратного осмоса. Переработка стоков должна производиться с минимальными энергетическими затратами. Для минимизации потребления тепла при переработке стоков используют пар подаваемый для нужд водоподготовительной установки. В большинстве случаев воду перед водоподготовительной установкой и после неё (перед подачей в питательную

воду котла) подогревают. Подогрев производят с использованием пара 0,12 МПа в специальных подогревателях. При использовании установок по переработки стоков воду можно подогреть в последних ступенях ИМВ или в конденсаторах выпарных аппаратов. Разработку установок можно выполнить таким образом, чтобы количество пара потребляемое оборудованием установки было равно количеству пара, используемого для подогрева исходной воды в подогревателях сырой воды.

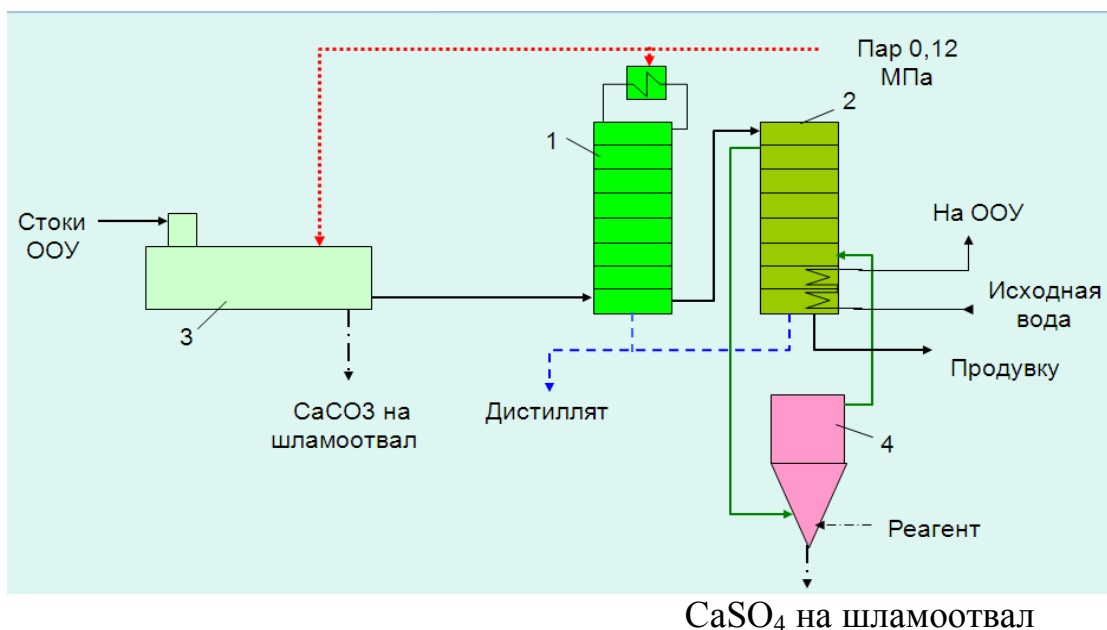


Рисунок 42 - Установка переработки стоков обратного осмоса
1 – первый корпус ИМВ; 2 – второй корпус ИМВ; 3 – термоумягчитель; 4 – отстойник.

3.5 Сравнительный анализ предлагаемых методов снижения расхода технической воды

При проведении анализа современного состояния технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ, определены ряд негативных моментов в схеме технического водоснабжения ТЭЦ.

Внедрение обратноосмотической установки для подготовки обессоленной воды привело к высоким капитальным и эксплуатационным затратам. При эксплуатации установки образуются большие объемы сточных вод, частично изменилась схема технического водоснабжения ТЭЦ, что привело к повышению содержания соли в циркуляционной воде, к увеличению заноса трубной системы конденсаторов, к снижению вакуума и нагрузки турбоагрегатов, к увеличению потребления технической воды.

Потребление реагентов водоподготовительной установкой на Степногорской ТЭЦ за счёт внедрения обратного осмоса сведено к минимуму, тем самым снижено негативное воздействие станции на окружающую среду. Внедрение обратного осмоса позволило отказаться от необоснованной физикохимической переработки для 99,9% воды;

- Не требуется добыча реагентов для обработки воды;

Однако на фоне всех этих плюсов, есть и негативный момент увеличение количества сточных вод.

В диссертационной работе предлагается пять методов по снижению расхода технической воды и восстановлению ранее существовавшей схемы технического водоснабжения, что повлечёт за собой улучшение технико-экономических показателей станции.

Первый, второй и пятый методы направлены на создание малосточной ТЭЦ.

При внедрении малосточной (бессточной) технологии ТОО «Степногорская ТЭЦ» добьётся экологического и экономического эффекта потому, что организация плотных циклов всегда оправдана.

В последнее время на Степногорской ТЭЦ существует финансовая заинтересованность, которая заставляет серьезнее относиться к вопросам сокращения платы за сбросы и экономии средств за счет оптимизации режимов водопотребления и водоотведения.

Однако главной причиной не использования бессточной схемы подготовки обессоленной воды заключается в том, что нет конкретного анализа возможности применения данной схемы:

- для создания малосточной схемы на Степногорской ТЭЦ необходимо произвести анализ всех потоков в технологической цепи производства тепловой и электрической энергии.
- при внедрении бессточной схемы возможен дисбаланс воды на золо- ишламоотвале, так как золоотвал, по сути, является последним звеном, на котором замыкаются все ошибки и просчеты — как на уровне проектирования, так и на уровне эксплуатации.

Так же внедрение бессточной схемы не решит проблемы с содержанием циркуляционной воды. Применение схем по возврату сточных вод ОУ или схемы по использованию их повторно в системе гидрозолоудаления возможно в комплексе с установкой сухих градирен или при установке дополнительной трёхсекционной вентиляторной градирни.

Внедрение сухих градирен в технологическую цепь технического водоснабжения тоже может повлечь за собой неожиданные последствия.

Сухие градирни ещё не достаточно изучены и нет конкретных примеров установки этих аппаратов на современных ТЭС Казахстана.

Прежде чем внедрять сухие градирни необходимо изучить опыт других станций взвесить все за и против. При проектировании данной схемы необходимо в первую очередь учесть качество исходной воды, климатические условия региона.

Сухая градирня при существующей схеме технического водоснабжения необходима только в летний период времени в связи с повышением температуры циркулирующей воды. В зимний период времени температура циркулирующей воды на выходе из градирен достаточна для забора ее в качестве питательной воды обессоливающей установки. При этом предприятие получит следующий эффект от внедрения:

- снижение температуры циркуляционной воды;
- снижение солесодержания циркулирующей воды, за счёт естественной продувки градирен, путем отвода их на обессоливающую установку в качестве питательной воды;
- повышение КПД станции;
- снижение расхода технической воды.

Для реализации этого метода предприятию пришлось бы установить сухую градирню, произвести капитальный ремонт существующих градирен, для снижения потерь с уносом и испарением, тем самым добиться увеличения КПД градирен. Возможно предусмотреть либо возврат сточных вод узла ультрафильтрации после физической промывки обратно в цикл водоподготовки, либо повторно использовать эти стоки в системе гидрозолоудаления.

При рассмотрении варианта с установкой вентиляторной градирни увеличится удельное потребление электроэнергии на выработку электроэнергии, но при этом за счёт снижения температуры циркулирующей воды возникнет возможность использовать её в качестве питательной воды для обессоливающей установки, при этом снизится солесодержание циркулирующей воды, а значит уменьшится степень заноса трубного пучка конденсаторов. Следствием этих изменений станет увеличение рабочей мощности станции.

При данной схеме также возможна схема возврата промывочных вод в следующий цикл обессоливающей установки, либо повторно их использовать в системе гидрозолоудаления.

Вывод:

Сравнительный анализ методов снижения расхода технической воды показал целесообразность применения установки дополнительной трёхсекционной вентиляторной градирни.

4 Расчёт технико-экономических показателей

Расчёт технико-экономических показателей производится в соответствии с методикой, применительно к составу оборудования.[45]

Исходные данные:

Суммарные затраты на оборудование $\sum K_{об_i} 144 \cdot 10^6$ тнг;

Цена 1 т.у.т, $C_T = 2100$ тнг/т; (по данным ТОО «Степногорская ТЭЦ»)

Удельный расход топлива на выработку 1 кВт. ч электроэнергии $e = 540$ г/кВт. ч;

Цена 1 т технической воды, $C_{тех.вода} = 56$ тнг/т. (по данным ТОО «Степногорская ТЭЦ»)

Расход топлива, т, за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь), находим по формуле

$$\Delta B = \Delta N \cdot e \cdot h_d,$$

где ΔN – суммарное увеличение мощности турбин по станции, $\Delta N = 18$ МВт;

e – удельный расход топлива на выработку 1 кВт. ч электроэнергии

$e = 540$ г/кВт. ч.;

h_d – часы эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь).

$$\Delta B = 18000 \cdot 0,00054 \cdot 3672 = 3569184 \text{ т.}$$

Затраты на топливо, тенге, находим по формуле

$$I_T = \Delta B \cdot C_T,$$

где ΔB – расход топлива за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь), т;

C_T – цена 1 т.у.т, $C_T = 2100$ тнг/т.

$$I_T = 3569184 \cdot 2100 = 74,95 \text{ млн. тенге.}$$

Расход технической воды, т за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь), находим по формуле

$$\Delta G_{тех.вода} = G_{тех.вода} \cdot h_d,$$

где $G_{тех.вода}$ – дополнительный ввод циркуляционной воды;

h_d – число часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь).

$$\Delta G_{тех.вода} = 5280 \cdot 3672 = 19388160 \text{ т.}$$

Затраты на дополнительный ввод циркуляционной воды, тенге, за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь), находим по формуле

$$\Delta I_{\text{тех.вода}}^{\text{с.н.}} = \Delta G_{\text{тех.вода}} \cdot C_{\text{тех.вода}},$$

где $\Delta G_{\text{тех.вода}}$ – расход технической воды за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь), т;

$C_{\text{тех.вода}}$ – цена 1 т технической (циркуляционной) воды,

$C_{\text{тех.вода}} = 56 \text{ тнГ/т.}$

$$\Delta I_{\text{тех.вода}}^{\text{с.н.}} = 19388160 \cdot 56 = 10,857 \text{ млн. тенге.}$$

Затраты электроэнергии на собственные нужды: затраты электроэнергии на перекачку $5280 \text{ м}^3/\text{ч}$ циркуляционной воды в тёплое время года $1\,352\,347 \text{ кВт.}$ В денежном выражении они составят

$$\Delta I_{\text{э\textsubscript{Э}}}^{\text{с.н.}} = \Delta \text{Э} \cdot \tau_{\text{э\textsubscript{Э}}},$$

где $\Delta \text{Э}$ – затраты электроэнергии на перекачку $5280 \text{ м}^3/\text{ч}$ циркуляционной воды в тёплое время года;

$\tau_{\text{э\textsubscript{Э}}}$ – тариф за 1 кВт. ч., электроэнергии на собственные нужды.

$$\Delta I_{\text{э\textsubscript{Э}}}^{\text{с.н.}} = 1352347 \cdot 5 = 6,762 \text{ млн.тенге.}$$

Затраты на оплату труда, тенге, находим по формуле

$$I_{\text{от}} = 3П \cdot Ч \cdot \beta_{\text{сн}},$$

где $Ч$ – численность персонала, занятого на эксплуатации реконструирования оборудования (100 человек);

$3П$ – заработная плата одного работника, занятого на реконструкции, тенге (75500 тенге);

$\beta_{\text{сн}}$ – коэффициент, учитывающий начисления социального налога, принятый равным 1,205.

$$I_{\text{от}} = 75500 \cdot 100 \cdot 1,205 = 9,1 \text{ млн.тенге.}$$

Капитальные затраты определяют по формуле

$$K_{\text{рек}} = (K_{\text{обр.}} + K_{\text{мон.т}} + K_{\text{стр.}}) \cdot 1,02, \text{ тыс.тг} - K_{\text{металл.}}$$

где $K_{OBR.}$ - стоимость оборудования. Устанавливается 1 котла

K_{MONT} - стоимость монтажа, принимается 20 % от $K_{OBR.}$;

$K_{СТР.}$ - стоимость строительства, принимается 30 % от $K_{OBR.}$;

1,02 - коэффициент, учитывающий район строительства

$$K_{рек} = (700000000 + 140000000 = 210000000) \cdot 1,02 = 107000 \text{ тыс. тг}$$

Величина удельных капитальных вложений, тенге, находим по формуле

$$K_{уд} = \sum K_{об_i} \cdot (1 + \beta_{СМР}) \cdot \beta_{непр},$$

где $\sum K_{об_i}$ - суммарные затраты на оборудование;

$\beta_{СМР}$ - коэффициент, учитывающий затраты на строительно – работы, принятый равным 0,6. [19];

$\beta_{непр}$ - коэффициент, учитывающий непредвиденные расходы при реконструкции, принятый равным 0,05, [19].

$$K_{уд} = 400000000 \cdot (1 + 0,6) \cdot 0,05 = 3,2 \cdot 10^6 \text{ тенге.}$$

Затраты на реконструкцию, тенге, находим по формуле

$$I_{рек} = K_{рек} \cdot (\alpha_a + \beta_{рем}) + I_{ОТ} + I_T + \Delta I_{тех.вода}^{с.н.} + \Delta I_{ЭЭ}^{с.н.},$$

где $\Delta I_{тех.вода}^{с.н.}$ – затраты на дополнительный ввод циркуляционной воды за 3672 часов эксплуатации градирен в тёплое время года (май – сентябрь);

$\Delta I_{ЭЭ}^{с.н.}$ – затраты электроэнергии на собственные нужды.

α_a – амортизационные отчисления;

$\beta_{рем}$ – коэффициент затрат на ремонт, принятый равным 0,087.

$$\begin{aligned} I_{рек} &= 107 \cdot 10^6 \cdot (0,075 + 0,087) + 9,1 \cdot 10^6 + \\ &+ 74,95 \cdot 10^6 + 10,857 \cdot 10^6 + 6,762 \cdot 10^6 = 119,003 \cdot 10^6 \text{ тенге.} \end{aligned}$$

Экономический эффект от реконструкции, тенге, находим по формуле

$$Эк.эф = З - П,$$

где $П$ – прибыль от реконструкции;

$З$ – затраты на реконструкцию.

Прибыль от реконструкции, тенге, находим по формуле

$$П = \Delta \mathcal{E}_{отп.э\ddot{e}}^{\text{л}} \cdot \tau_{\text{э\ddot{e}},отп} + \mathcal{E}_{\text{э\ddot{e}}} + \mathcal{E}_{\text{тех.воды}},$$

где $\Delta \mathcal{E}_{отп.э\ddot{e}}^{\text{л}}$ – дополнительная выработка электрической энергии станции в тёплый период года;

$\tau_{\text{э\ddot{e}},отп}$ – тариф за 1 кВт. ч., отпущенной электроэнергии;

$\mathcal{E}_{\text{э\ddot{e}}}^{\text{сн}}$ – в денежном выражении, годовая экономия электроэнергии за 2160 часов эксплуатации градирен в холодное время года (декабрь, январь, февраль) составляет 4,552;

$\mathcal{E}_{\text{тех.воды}}$ – в денежном выражении, годовая экономия технической воды, т, за 2160 часов эксплуатации градирен в холодное время года (декабрь, январь, февраль).

$$П = 108 \cdot 10^6 + 4,552 \cdot 10^6 + 6,39 \cdot 10^6 = 118,942 \cdot 10^6 \text{ тенге.}$$

В денежном выражении, годовая экономия электроэнергии за 2160 часов эксплуатации насосов на перекачку $5280 \text{ м}^3/\text{ч}$ в холодное время года (декабрь, январь, февраль), тенге, находим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{э\ddot{e}}}^{\text{сн}} = \mathcal{E}_{\text{дек,январь,фев}} \cdot \tau_{\text{э\ddot{e}}}^{\text{сн}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{дек,январь,фев}}$ – экономия электроэнергии за 2160 часов эксплуатации насосов на перекачку $9890 \text{ м}^3/\text{ч}$ в холодное время года (декабрь, январь, февраль);

$\tau_{\text{э\ddot{e}}}^{\text{сн}}$ – тариф за 1 кВт. ч., затрат электроэнергии на собственные нужды.

$$\mathcal{E}_{\text{э\ddot{e}}}^{\text{сн}} = 1857600 \cdot 5,4 = 10,03 \cdot 10^6 \text{ тенге.}$$

В денежном выражении, годовая экономия технической воды, т, за 2160 часов эксплуатации градирен в холодное время года (декабрь, январь, февраль) составит

$$\mathcal{E}_{\text{тех.воды}} = \Delta G_{\text{дек,январь,фев}} \cdot h_3 \cdot \mathcal{C}_{\text{тех.вода}},$$

где $\Delta G_{\text{дек,январь,фев}}$ – расход технической воды, т/ч;

h_3 – число часов эксплуатации градирен в холодное время года (декабрь, январь, февраль);

$\mathcal{C}_{\text{тех.вода}}$ – цена 1 т технической (циркуляционной) воды,

$$\mathcal{C}_{\text{тех.вода}} = 56 \text{ тнГ/т.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{тех. воды}} = 5280 \cdot 2160 \cdot 56 = 6,386 \cdot 10^6 \text{ тенге.}$$

Затраты на реконструкцию, тенге, находим по формуле

$$З = K_{\text{рек}} \cdot E_n + И_{\text{рек}},$$

где $K_{\text{рек}}$ – капитальные вложения в реконструкцию (смета);

E_n – нормативный коэффициент, принятый равным 0,15;

$И_{\text{рек}}$ – затраты на реконструкцию.

$$З = 107 \cdot 10^6 \cdot 0,15 + 119,003 \cdot 10^6 = 135,053 \cdot 10^6 \text{ тенге}$$

Срок окупаемости, год, находим по формуле

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{рек}}}{\mathcal{E}_{\text{к.эф}}},$$

где $K_{\text{рек}}$ – капитальные вложения в реконструкцию (смета);

$\mathcal{E}_{\text{к.эф}}$ – экономический эффект от реконструкции.

$$T_{\text{ок}} = \frac{135,053 \cdot 10^6}{118,942 \cdot 10^6} = 1,1 \text{ года.}$$

Вывод

Реконструкция схемы оборотного водоснабжения, т. е. увеличение узла водооборота Степногорской ТЭЦ потребует затрат на реконструкцию в размере 135,053 млн. тенге, при этом экономический эффект составит 118,942 млн. тенге. Проект окупится уже через 1,1года.

При рассмотрении вариантов метода реконструкции системы технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ наиболее выгоден с технической и экономической точки зрения вариант с установкой вентиляторной градирни. Тип градирни – «СТФ 250/II», блочная вентиляторная градирня.

Ее главным преимуществом является - охладительный эффект на 8°C выше, чем в градирнях башенного типа, возможность отключения - включения в работу части блоков, в зависимости от нагрузок на узел водооборота. Невысокая цена (относительно башенной градирни) оборудования и строительно-монтажных работ. Возможность дополнительной выработки электроэнергии станции в тёплый период года на 38 880 тыс. кВтч.

Как подсчитано в экономической части, срок окупаемости реконструкции системы оборотного водоснабжения на ТЭЦ ТОО «Степногорская ТЭЦ» составит 1,1 года.

В результате установки вентиляторной градирни увеличится удельное потребление электроэнергии на выработку электроэнергии, но при этом за счёт снижения температуры циркулирующей воды возникнет возможность использовать её в качестве питательной воды для обессоливающей установки, что приведёт к снижению солесодержания циркулирующей воды, а значит уменьшится степень заноса трубного пучка конденсаторов. Следствием этих изменений станет увеличение рабочей мощности станции и сокращение объёмов потребления технической воды.

При данной схеме также возможна схема возврата промывочных вод в следующий цикл обессоливающей установки, либо повторно их использовать в системе гидрозолоудаления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На отечественном энергетическом рынке появилось большое количество нового водоподготовительного оборудования с высокими экологическими характеристиками. Широкому внедрению их в производство мешает отсутствие нормативной базы на их использование и противоречивый опыт эксплуатации головных установок на отечественных ТЭС, особенно для вод с повышенным содержанием органических веществ. В связи с этим существует необходимость совершенствования традиционных технологий и создания новых систем обессоливания.

В представленной диссертации приведены новые научно обоснованные результаты, использование которых необходимо при эксплуатации установки обратного осмоса в условиях промышленных ТЭС. Предложены рекомендации по практическому применению полученных автором научных результатов.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены ее цель и задачи, указана научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

Краткие выводы по результатам диссертационных исследований

Очевидна необходимость технического перевооружения морально и технически устаревших СТВ электростанций, задачами которого являются:

- повышение эффективности использования установленной мощности и устранение ограничений мощности;
- обеспечение экономичной и надежной работы систем технического водоснабжения;
- снижение водопотребления электростанций путем усовершенствования действующих оборотных систем, градирен и их конструкций;
- снижение воздействия градирен на окружающую атмосферу. Роль искусственных гидроохладителей постоянно возрастает в связи с ужесточающимися требованиями по природному водопользованию и снижению теплового загрязнения природных источников воды.

Реализация технического перевооружения формируется комплексно по направлениям:

- обеспечение комплексного, эффективного взаимодействия всех элементов циркуляционных систем при различных вариантах работающего оборудования и сочетаний внешних атмосферных факторов при установленной мощности;
- разработка и внедрение высокоэффективных градирен нового поколения индивидуально применительно к конкретным системам электростанций и метеорологическим условиям их расположения;

- перевода электростанций с прямоточных систем на оборотные с искусственными гидроохладителями-градирнями;

Основой технического перевооружения являются:

1. Техничко-экономический расчет и программа технического перевооружения системы технического водоснабжения.

2. Разработка новых методов по реконструкции оборудования и сооружений систем технического водоснабжения.

4. Проектирование градирен индивидуально под конкретную электростанцию и метеоусловия площадки строительства.

5. Использование в разработке проектов реконструкций СТВ и градирен:

- анализа проектных расчетных параметров работы электростанции; соответствия состава оборудования и эксплуатационных режимов работы электростанции проектным;

- влияния реконструктивных работ в системе технического водоснабжения, на технико-экономические показатели электростанции;

- конструктивного исполнения градирен и их совместимость по обеспечению сбалансированной и эффективной работы;

- расчетов обеспеченности электрической мощности электростанций циркуляционными системами водоснабжения.

Инженерно обоснованная реконструкция действующей электростанции позволяет обеспечить:

- снижение затрат на техническое водоснабжение станции;

- надежность и КПД работы Степногорской ТЭЦ;

- увеличение выработки электроэнергии в летний период на 18 МВт/ч;

- снизить потребление невосполняемых энергетических ресурсов

- оздоровить экологическую ситуацию.

Путем проведения капитальных ремонтов существующих градирен и установки дополнительной вентиляторной градирни возможно восстановление ранее существовавшей схемы распределения технической воды на Степногорской ТЭЦ. При этом снижаются затраты на добавочную воду, достигается более глубокое охлаждение и сокращаются затраты на топливо и т.д.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения

Установка дополнительной вентиляторной градирни обеспечивает ежегодную прибыль от увеличения располагаемой электрической мощности Степногорской ТЭЦ в размере 282,240млн. тг., срок окупаемости проекта 1,1 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рациональное использование воды. [Информационный ресурс]: <http://nsportal.ru/ap/drugoe/library/ratsionalnoe-ispolzovanie-vody>
2. Оптимизация системы технического водоснабжения электростанции. [Информационный ресурс]: <http://www.energyland.info/analitic-show-18105>
3. Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения. [Информационный ресурс]: http://ispu.ru/files/str_41-45.pdf
4. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М., 1987. –142 с.
5. Калатузов В.А. Балансовые испытания башенной градирни Ижевской ТЭЦ-1 подтвердили эффективность инновационных технологий. [Информационный ресурс]: <http://www.irvik.ru/company/media/detail.php ID=532>
6. Технические предложения по перевооружению систем технического водоснабжения электростанций. [Информационный ресурс]: http://www.irvik.ru/science/articles/detail.php ELEMENT_ID=43
7. Усть-Каменогорская ТЭЦ. [Информационный ресурс]: <http://www.aes-group.kz/78>
8. Мошкарин А.В. Калатузов В.А. Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения. М., 1987. –142 с.
9. Воздушные конденсаторы [Информационный ресурс]: <http://www.youtube.com/watchv.cSYloWV8Dio>
10. Малахова И.А. [Информационный ресурс]: <http://www.youtube.com/watchv.AVdGoFgJ770>
11. СНиП 2.04.02 – 84«Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – М, 1985 ,– 129 с
12. Абрамова И.А., Чернов С.А., Майков В.М., Дойнеко О.А. Опыт эксплуатации установки обратного осмоса Новосибирской ТЭЦ-2.-М, 2003. – 256 с.
13. Теплоэнергетика и теплотехника. Справочник под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина – М.: Энергоатомиздат, 1987. - кн 1.– 455 с.
14. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник. Под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 586 с. Экологический кодекс Республики Казахстан. Астана, 2007.
15. Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, при разработке предплановой, предпроектной и проектной документации. Астана, 2007 – 163 с.
16. Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Жадан А.В. и др. Ресурсосберегающие и энергоэффективные мембранные технологии в промышленной водоподготовке. // Мембраны 2010: матер. всерос. науч.-техн. конф. – М, 2010. Т. 2. 127 с.

17. Рябчиков Б.Е., Пантелеев А.А., Жадан А.В. Оборудование для очистки воды коагуляцией. Ч.1. направления совершенствования отечественного оборудования. // Водоснабжение и канализация. 2013. № 3–4. 100–114 с.

18. Загретдинов И.Ш., Тропин В.В., Жадан А.В. Современные подходы при строительстве ВПУ с использованием мембранных технологий. Повышение эффективности энергетического оборудования. V Всероссийская науч.-практ. конф.: 1–2 нояб. 2010. Материалы конф. / Под ред. А.В. Мошкарина. –Иваново. ГОУ ВПО ИГЭУ, 2010. - 105–113 с.

19. Ковалев М.П., Жадан А.В., Пантелеев А.А. Выбор технологических схем при строительстве новых и реконструкции старых водоподготовительных установок. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС. Цели и задачи: матер. IV междунар. науч.-техн. конф. – М., 2013. 23–24 с.

20. Пособие к СНиП 2.04.02-84 «Пособие по проектированию градирен»

21. Ривкин С. Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М: «Энергия», 1975. – 78 с.

22. Вентиляторная градирня [Информационный ресурс]: snab_holod@mail.ru

23. Инструкция по эксплуатации башенных градирен на тепловых электростанциях. – М.: СЦНТИ, 1972. – 86 с

24. Нормативные характеристики конденсаторов турбин – М.:Союзтехэнерго, 1981. – 156 с

25. Берман Л. Д., Зернова Э. П. Руководящие указания по тепловому расчёту поверхностных конденсаторов мощных турбин тепловых и атомных электростанций. – М: Союзтехэнерго, 1982. – 106 с

26. Воздушные конденсаторы [Информационный ресурс]: www.youtube.com

27. Жадан А.В., Смирнов Б.А., Смирнов О.В. Сравнение способов предварительной очистки воды на ТЭС. Ультрафильтрация и обработка в осветлителях и механических фильтрах. Новости теплоснабжения. № 6, 2013. - 35–40 с.

28. Жадан, А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС / А.В. Жадан, Е.Н. Бушуев, Н.А. Еремина // Новости теплоснабжения. № 7, 2013. - 35–40 с.

29. Громов С.Л, Пантелеев А.А. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть 1 // Теплоэнергетика. № 8. 2006. – 256 с.

30. Корзина Ю., Рябчиков Б., Ларионов С. Сокращение расхода реагентов при ионообменном обессоливании воды // АКВА-Magazine. № 3 (4)2007. – 342 с.

31. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии. М.: ДеЛи принт, 2007. – 129 с.

32. Theodore H. Meltzer. High-purity water preparation for the semiconductor, pharmaceutical, and power industries. Tall Oaks Publishing inc., 1997. Wes Byrne. Reverse osmosis a practical guide for industrial users. 2nd edition. Tall Oaks Publishing inc., 2002. –31 с.

33. М. Мулдер. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999.- 124 с.

34. Новые технологии и научно-технические разработки в энергетике ЭНЕРГЕТИКА ТАТАРСТАНА I №3-2012. 13-15 с.

35. Федосеева Е.Б. Применение нанофильтрационных мембран в энергетике. Семинар «Современные ВПУ в промышленной водоподготовке». Волгоград: ВГТУ, 2006.135 с.

36. Подготовка обессоленной воды на термообессоливающих комплексах / В.С. Петин, О.С. Салашенко, Ю.Ф. Боднарь и др. // Сборник научных трудов к 50-летию УралВТИ «Повышение надежности и эффективности работы тепломеханического оборудования ТЭС. ОАО «ИЦЭУ». Филиал «УралВТИ-Челябэнергосетьпроект». Челябинск: Цицеро, 2005. 152 с.

37. Бушуев Е.Н., Еремина Н.А., Жадан А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС 1ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,г. Иваново, Российская Федерация 23АО «НПК Медиана-Фильтр», Москва, Российская Федерация. 2011. – 105 с.

38. Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС / Б.М. Ларин, А.Н. Коротков, М.Ю. Опарин и др. // Теплоэнергетика. - 2010. - № 8. 8-13 с.

39. Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Жадан А.В. и др. Проектные решения водоподготовительных установок на основе мембранных технологий // Теплоэнергетика. - 2012. - №7. - 30-36 с.

40. Ларин В.М., Коротков А.Н., Опарин М.Ю.Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС [Implementation Experience of New Water Treatment Technologies at Heat Power Plants]. Teploenergetika, 2010, no. 8, pp. 8-13 с.

41. Инж. Е.В. Чернышев (ТЭЦ 22 «Мосэнерго»), к.х.н. В.В. Бобинкин, к.т.н. С.Л. Громов, к.т.н. М.П. Ковалев, д.ф-м.н. А.А. Пантелеев, к.х.н. В.Б. Смирнов Экологические и ресурсосберегающие подходы при реконструкции водоподготовительных установок теплоэнергетических систем (ЗАО «НПК «Медиана-Фильтр»). 2010. – 65 с.

42. Корнилова Н.В., Поворов А.А., к.т.н.,Сенатов А.С., Современные энергоэффективные решения в области подготовки воды. Создание бессточной (замкнутой) системы водопользования. к.т.н, ЗАО «БМТ», г. Владимир. 2011. – 21 с.

43. СНиП РК 1.02 – 01. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений, 2001. – 130 с.

44. Прузнер С. Л., Златопольский А. Н., Некрасов А. М. Экономика энергетики СССР. – М.: Высшая школа, 1984. – 423 с.

45. Трибрат О. А., Маркин А.Д. Использование мембранных технологий в системах водоподготовки на тепловых электрических станциях Донецкий национальный технический университет. 2010. – 85 с.

46. Самодуров А.Н., Жадан А.В., Пантелеев А.А. Ресурсосберегающие и энергоэффективные схемы в промышленной водоподготовке Мосэнергопроект, 2009. – 145 с.

50. Загреддинов И.Ш., Тропин В.В., Ресурсосберегающие и энергоэффективные схемы в промышленной водоподготовке. /Новое в российской электроэнергетике. 2009. № 1. 27–39 с.

51. Сергеева А.Н., Харченко С.П. Внедрение мембранных технологий на ТЭС. Материалы региональной студенческой научно-практической конференции «Независимый Казахстан: развитие, реалии и перспективы» в свете Послания Президента РК «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее», Астана 11 апреля 2014 года. – 58-59 с.

52. Сергеева А.Н., Харченко С.П. Внедрение новых технологий водоподготовки на ТЭС.//,-Вестник Инновационного Евразийского Университета.-2014.-№1.

На правах рукописи

Сергеева Асия Нургалиевна

**Исследование работы оборотного водоснабжения Степногорской
ТЭЦ с целью уменьшения потерь технической воды**

6М071700 – Теплоэнергетика

Реферат
диссертации на соискание академической
степени магистра технических наук

Республика Казахстан
Павлодар, 2014

Работа выполнена в Инновационном Евразийском университете

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
А.К. Кинжибекова

Официальный оппонент:

к. т. н., доцент
Технический директор
ТОО «Тепловик ВХР»
Глазырин А.А.

Секретарь государственной
аттестационной комиссии
магистр теплоэнергетики

Ш.М. Шупеева

Реферат

Диссертация магистра технических наук содержит 100 страниц, 42 рисунка, 13 таблиц, 52 литературных источника.

Исследование работы оборотного водоснабжения Степногорской ТЭЦ с целью уменьшения потерь технической воды

Цель работы. Провести анализ потребления технической воды ТОО «Степногорская ТЭЦ» с целью ресурсосбережения и повышения экологической безопасности вновь вводимого и реконструируемого водоподготовительного оборудования, путем разработки и внедрения перспективных схем, технологий и оборудования обессоливающих водоподготовительных установок добавочной воды энергоблоков.

Актуальность исследования. Одна из сложных и актуальных задач в энергетике – сокращение использования водных ресурсов. На современном этапе для большинства промышленных предприятий вопрос по снижению потребления водных ресурсов является одной из приоритетных задач, которая требует разработки определенных мероприятий, технических решений и применение инновационных технологий.

Задачи исследования:

1. рассмотреть технологическую схему потребления технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ»;
2. определить, в структуре технологического процесса распределения технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ», узкие места;
3. рассмотреть технологическую схему подготовки обессоленной воды при использовании двухступенчатой подготовки воды;
4. рассмотреть технологическую схему подготовки обессоленной воды при использовании обратноосмотической установки;
5. произвести сравнительный анализ процесса химводоподготовки при использовании двухступенчатого обессоливания подпиточной воды котлов и установки обратного осмоса с целью определения зависимости количества потребляемой технической воды от вида установленного оборудования.
6. разработать методы по снижению количества потребляемой технической воды на ТОО «Степногорская ТЭЦ»

Объектом исследования является. Система технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ

Научная новизна исследования. В диссертационном исследовании были получены следующие результаты:

- получена зависимость производительности обратноосмотической водоподготовительной установки от качества и температуры исходной воды;
- получена зависимость КПД станции от эффективности работы системы технического водоснабжения;

- получена зависимость количества сточных вод и сверхнормативных потерь технической воды от технического состояния и режима эксплуатации оборудования Степногорской ТЭЦ;

Практическая значимость исследования:

- результаты, полученные в работе, представляют научную и практическую значимость при эксплуатации обратноосмотических установок;

– построены графики зависимости расхода технической воды от температуры циркулирующей, воды,

– доказано, что внедрение обратноосмотической установки на Степногорской ТЭЦ привело к резкому увеличению потребления технической воды;

– доказано, что установка обратного осмоса повлекла за собой изменение технологической схемы системы технического водоснабжения Степногорской ТЭЦ, это привело к снижению располагаемой мощности станции в летний период.

– доказано, что проведение капитальных ремонтов существующих градирен и установка вентиляторной градирни приведут к снижению потребления технической воды, и позволит станции нести требуемую нагрузку в летний период;

На защиту выносятся следующие методы:

1 метод- возврат промывочных вод узла ультрафильтрации в следующий цикл ОУ

2 метод – повторное использование сточных вод ОУ в системе гидрозолоудаления

3 метод – реконструкция циркулярной системы путём установки дополнительной вентиляторной градирни

4 метод – установка сухой градирни

5 метод – установка испарителя мгновенного вскипания.

Апробация работы. По материалам работы имеется одна публикация в научном журнале «Вестник Инновационного Евразийского Университета» N1, 2014. Результаты работы докладывались на V региональной студенческой научно-практической конференции «Независимый Казахстан: развитие, реалии и перспективы» в свете Послания Президента Республики Казахстан «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» проведённой в Казахстанской инженерно-технической академии города Астана 11 апреля 2014года. Статья диссертационного исследования опубликована в научном сборнике том II.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы, сформулирована цель работы, дана общая характеристика поставленной задачи, обозначена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены основные виды технического водоснабжения ТЭС. Раскрыты существующие проблемы с водообеспечением ТЭС и экономией водных ресурсов.

Одной из главных задач экономики в энергетике является постоянное и непрерывное повышение энергоэффективности неразрывно связано с внедрением технологий, снижающих воздействие на экологическую среду через системы топливоприготовления, газоудаления и системы технического водоснабжения.

Во второй главе проведён анализ системы оборотного водоснабжения Степногорской ТЭЦ. Определены основные объекты системы технического водоснабжения ими являются:

1. циркуляционная система;
2. обессоливающая установка;
3. технологический процесс выработки тепловой и электрической энергии;
4. система золошлакоудаления.

Произведён анализ динамики расхода технической воды, циркуляционной воды, обессоленной воды, расход технической воды на собственные нужды ОУ, солесодержания циркуляционной воды, а также произведён анализ температуры циркуляционной воды и выведена зависимость работы обратного осмоса от температуры циркуляционной воды. **Выводы:**

Достоинства установки обратного осмоса:

1. Процесс подготовки обессоленной воды полностью автоматизирован, что исключает аварийных ситуаций по причине человеческого фактора.
2. Снижение потребления химреагентов водоподготовительной установкой за счёт автоматизации системы дозирования химреагентов, чёткого периода промывок (регенерации) блоков установки.
3. Внедрение обратноосмотической установки позволило снизить pH сточных вод водоподготовки до $\text{pH} = 6,8$.
4. Вода после установки обратного осмоса полностью отвечает требованиям качества обессоленной воды.

Минусы

1. Увеличился расход технической воды. Динамика расхода технической воды представлена на рисунке 26.



Рисунок 1 - Динамика расхода технической воды за 2010-2013 гг.

Причиной увеличения расхода технической воды являются следующие факторы:

- неэффективный и неэкономичный режим работы станции;
- увеличение расхода технической воды на собственные нужды обессоливающей установки. Динамика расхода воды на собственные нужды обессоливающей установки представлена на рисунке 27.

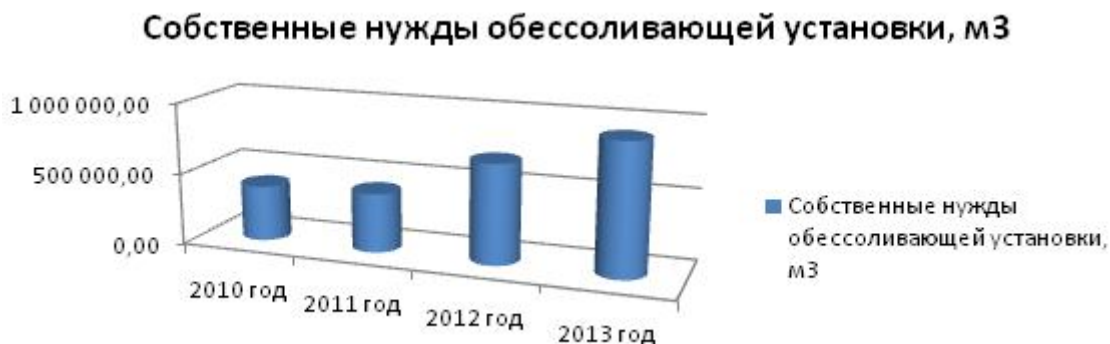


Рисунок 2 - Расход технической воды на собственные нужды обессоливающей установки

Основной причиной перерасхода технической воды на собственные нужды обессоливающей установки является увеличение солесодержания исходной воды из-за обмеления Селетинского водохранилища в силу засушливых последних двух лет. Солесодержание исходной воды в разрезе последних четырёх лет представлено на рисунке 28.

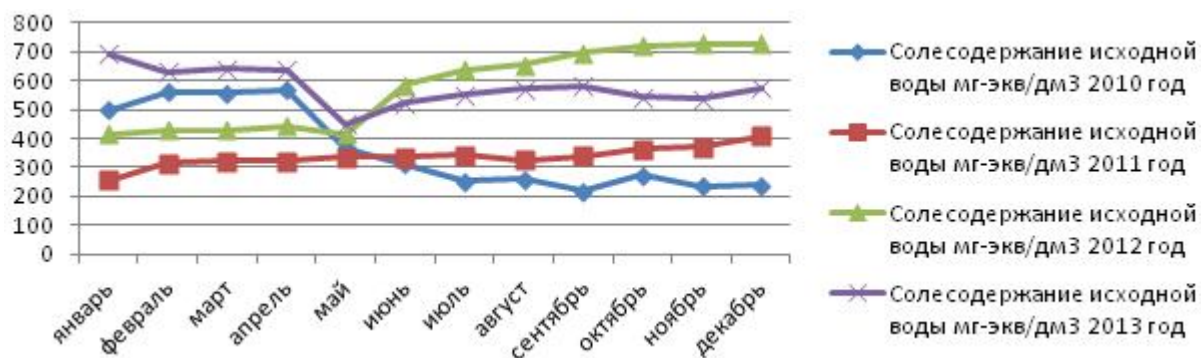


Рисунок 3 - Солесодержание исходной воды

Значительный расход технической воды на собственные нужды наблюдается на узел ультрафильтрации UF, который из-за химического состава исходной воды и по требованиям технологических карт часто встаёт на промывку. Продолжительность цикла ультрафильтрации равен 40 мин. Через 40 минут каждый блок поочерёдно встаёт на промывку прямым или обратным потоком и ещё два раза в сутки на химическую промывку.

– постоянный сброс циркулирующей воды на золоотвал, с целью поддержания солесодержания циркуловды, данные о солесодержании циркулирующей воды показаны на рисунке 29.

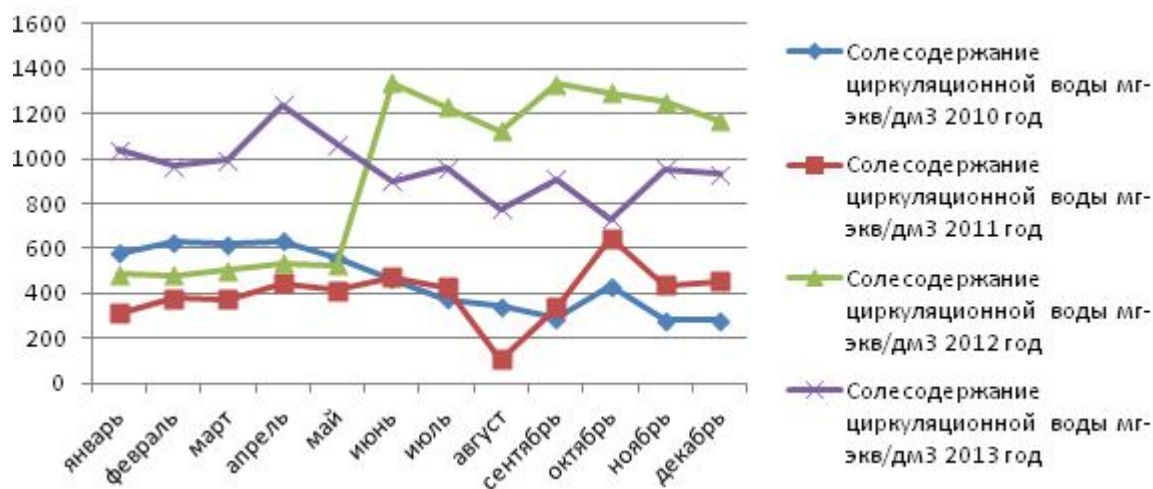


Рисунок 4 - Динамика солесодержания в циркуляционной воде за 2010-2013гг.

– отсутствие потребителей тепловой нагрузки особенно в летний период приводит к вынужденным мерам для поддержания электрической нагрузки к сбросу пара в атмосферу, с теплофикационного отбора через предохранительный клапан РОУ, что приводит к увеличению потребления обессоленной воды.

- неудовлетворительное техническое состояние основного и вспомогательного оборудования вызывает увеличение расхода обессоленной воды.

К увеличению расхода обессоленной воды приводят частые аварийные остановки котлоагрегатов, вследствие порывов поверхностей нагрева, неисправности запорной арматуры, соединительных фланцев и так далее. Динамика расхода обессоленной воды показана на рисунке 30.

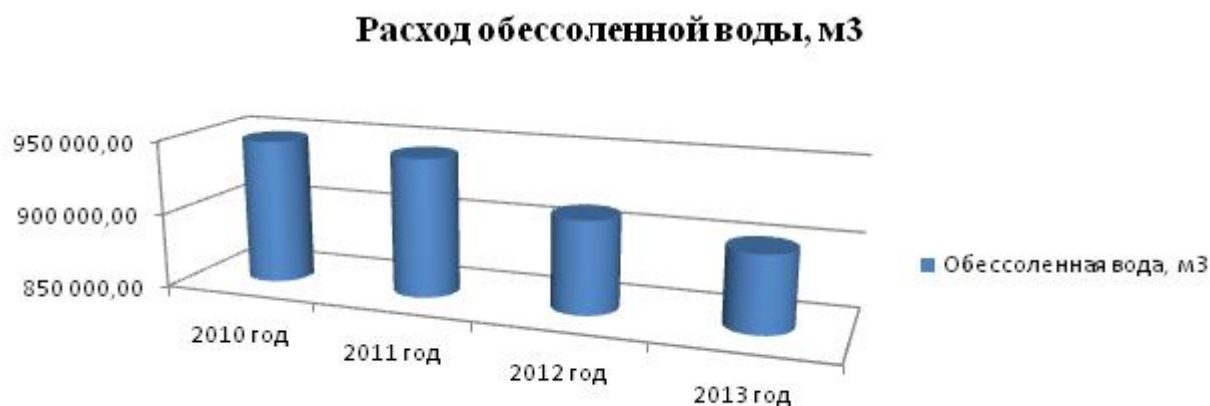


Рисунок 5 - Динамика расхода обессоленной воды в 2010-2013 гг.

Отказ от применения циркуляционной воды для подпитки химводоподготовки обессоленной воды, привёл к увеличению солесодержания циркуляционной воды. Это вызывает быстрый занос трубного пучка конденсаторов турбин, что приводит к ухудшению теплообмена между паром и охлаждающей водой, а значит и к ухудшению вакуума в хвостовой части турбины. За счёт ухудшения вакуума происходит снижение нагрузки турбоагрегата.

В третьей главе предложены методы по снижению расхода технической воды. **1 метод** – возврат промывочных вод узла ультрафильтрации в следующий цикл ОУ

2 метод – повторное использование сточных вод ОУ в системе гидрозолоудаления

3 метод – реконструкция циркуляционной системы путём установки дополнительной вентиляционной градирни

4 метод – установка сухой градирни

5 метод – установка испарителя мгновенного вскипания.

В результате проведения сравнительного анализа предложенных методов наиболее выгодным с точки зрения технико-экономического анализа, является третий метод, подразумевающий реконструкцию циркуляционной системы путём установки дополнительной вентиляционной градирни.

В результате установки вентиляционной градирни увеличится удельное потребление электроэнергии на выработку электроэнергии, но при этом за счёт снижения температуры циркуляционной воды возникнет возможность использовать её в качестве питательной воды для обессоливающей установки, что приведёт к снижению солесодержания циркуляционной воды, а значит уменьшится степень заноса трубного пучка конденсаторов. Следствием этих изменений станет увеличение рабочей мощности станции и сокращение объёмов потребления технической воды.

В заключении указаны основные выводы полученные в ходе выполнения диссертационной работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рациональное использование воды. [Информационный ресурс]: <http://nsportal.ru/ap/drugoe/library/ratsionalnoe-ispolzovanie-vody>
2. Оптимизация системы технического водоснабжения электростанции. [Информационный ресурс]: <http://www.energyland.info/analitic-show-18105>
3. Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения. [Информационный ресурс]: http://ispu.ru/files/str_41-45.pdf
4. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М., 1987. –142 с.
5. Калатузов В.А. Балансовые испытания башенной градирни Ижевской ТЭЦ-1 подтвердили эффективность инновационных технологий. [Информационный ресурс]: <http://www.irvik.ru/company/media/detail.php ID=532>

6. Технические предложения по перевооружению систем технического водоснабжения электростанций. [Информационный ресурс]: http://www.irvik.ru/science/articles/detail.php ELEMENT_ID=43
7. Усть-Каменогорская ТЭЦ. [Информационный ресурс]: <http://www.aes-group.kz/78>
8. Мошкарин А.В. Калатузов В.А. Современные основы технического перевооружения систем технического водоснабжения. М., 1987. –142 с.
9. Воздушные конденсаторы [Информационный ресурс]: <http://www.youtube.com/watch?v=cSYloWV8Dio>
10. Малахова И.А. [Информационный ресурс]: <http://www.youtube.com/watch?v=AVdGoFgJ770>
11. СНиП 2.04.02 – 84«Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – М, 1985 ,– 129 с
12. Абрамова И.А., Чернов С.А., Майков В.М., Дойнеко О.А. Опыт эксплуатации установки обратного осмоса новосибирской ТЭЦ-2.-М, 2003. – 256 с.
13. Теплоэнергетика и теплотехника. Справочник под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина – М.: Энергоатомиздат, 1987. - кн 1.– 455 с.
14. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник. Под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 586 с. Экологический кодекс Республики Казахстан. Астана, 2007.
15. Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, при разработке предплановой, предпроектной и проектной документации. Астана, 2007 – 163 с.
16. Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Жадан А.В. и др. Ресурсосберегающие и энергоэффективные мембранные технологии в промышленной водоподготовке. // Мембраны 2010: матер. всерос. науч.-техн. конф. – М, 2010. Т. 2. 127 с.
17. Рябчиков Б.Е., Пантелеев А.А., Жадан А.В. Оборудование для очистки воды коагуляцией. Ч.1. направления совершенствования отечественного оборудования. // Водоснабжение и канализация. 2013. № 3–4. 100–114 с.
18. Загретдинов И.Ш., Тропин В.В., Жадан А.В. Современные подходы при строительстве ВПУ с использованием мембранных технологий . Повышение эффективности энергетического оборудования. V Всероссийская науч.-практ. конф.: 1–2 нояб. 2010. Материалы конф. / Под ред. А.В. Мошкарина. –Иваново. ГОУ ВПО ИГЭУ, 2010. - 105–113 с.
19. Ковалев М.П., Жадан А.В., Пантелеев А.А. Выбор технологических схем при строительстве новых и реконструкции старых водоподготовительных установок Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС. Цели и задачи: матер. IV междунар. науч.-техн. конф. –М.,2013.23–24 с.
20. Пособие к СНиП 2.04.02-84 «Пособие по проектированию градирен»
21. Ривкин С. Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М: «Энергия», 1975. – 78 с.
22. Вентиляторная градирня [Информационный ресурс]: snab_holod@mail.ru

23. Инструкция по эксплуатации башенных градирен на тепловых электростанциях. – М.: СЦНТИ, 1972. – 86 с

24. Нормативные характеристики конденсаторов турбин – М.:Союзтехэнерго, 1981. – 156 с

25. Берман Л. Д., Зернова Э. П. Руководящие указания по тепловому расчёту поверхностных конденсаторов мощных турбин тепловых и атомных электростанций. – М: Союзтехэнерго, 1982. – 106 с

26. Воздушные конденсаторы [Информационный ресурс]:
www.youtube.com

27. Жадан А.В., Смирнов Б.А., Смирнов О.В. Сравнение способов предварительной очистки воды на ТЭС. Ультрафильтрация и обработка в осветлителях и механических фильтрах. Новости теплоснабжения. № 6, 2013. - 35–40 с.

28. Жадан, А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС / А.В. Жадан, Е.Н. Бушуев, Н.А. Еремина // Новости теплоснабжения. № 7, 2013. - 35–40 с.

29. Громов С.Л, Пантелеев А.А. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть 1 // Теплоэнергетика. № 8. 2006. – 256 с.

30. Корзина Ю., Рябчиков Б., Ларионов С. Сокращение расхода реагентов при ионообменном обессоливании воды // АКВА-Magazine. № 3 (4)2007. – 342 с.

31. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии. М.: ДеЛи принт, 2007. – 129 с.

32. Theodore H. Meltzer. High-purity water preparation for the semiconductor, pharmaceutical, and power industries. Tall Oaks Publishing inc., 1997. Wes Byrne. Reverse osmosis a practical guide for industrial users. 2nd edition. Tall Oaks Publishing inc., 2002. –31 с.

33. М. Мулдер. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999.- 124 с.

34. Новые технологии и научно-технические разработки в энергетике ЭНЕРГЕТИКА ТАТАРСТАНА I №3-2012. 13-15 с.

35. Федосеева Е.Б. Применение нанофильтрационных мембран в энергетике. Семинар «Современные ВПУ в промышленной водоподготовке». Волгоград: ВГТУ, 2006.135 с.

36. Подготовка обессоленной воды на термообессоливающих комплексах / В.С. Петин, О.С. Салашенко, Ю.Ф. Боднар и др. // Сборник научных трудов к 50-летию УралВТИ «Повышение надежности и эффективности работы тепломеханического оборудования ТЭС. ОАО «ИЦЭУ». Филиал «УралВТИ-Челябэнергосетьпроект». Челябинск: Цицеро, 2005. 152 с.

37. Бушуев Е.Н., Еремина Н.А., Жадан А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС 1ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,г. Иваново, Российская Федерация 23АО «НПК Медиана-Фильтр», Москва, Российская Федерация. 2011. – 105 с.

38. Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС / Б.М. Ларин, А.Н. Коротков, М.Ю. Опарин и др. // Теплоэнергетика. - 2010. - № 8. 8-13 с.

39. Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Жадан А.В. и др. Проектные решения водоподготовительных установок на основе мембранных технологий // Теплоэнергетика. - 2012. - №7. - 30-36 с.

40. Ларин В.М., Коротков А.Н., Опарин М.Ю. Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС [Implementation Experience of New Water Treatment Technologies at Heat Power Plants]. Teploenergetika, 2010, no. 8, pp. 8-13 с.

41. Инж. Е.В. Чернышев (ТЭЦ 22 «Мосэнерго»), к.х.н. В.В. Бобинкин, к.т.н. С.Л. Громов, к.т.н. М.П. Ковалев, д.ф.м.н. А.А. Пантелеев, к.х.н. В.Б. Смирнов Экологические и ресурсосберегающие подходы при реконструкции водоподготовительных установок теплоэнергетических систем (ЗАО «НПК «Медиана-Фильтр»). 2010. – 65 с.

42. Корнилова Н.В., Поворов А.А., к.т.н., Сенатов А.С., Современные энергоэффективные решения в области подготовки воды. Создание бессточной (замкнутой) системы водопользования. к.т.н, ЗАО «БМТ», г. Владимир. 2011. – 21 с.

43. СНиП РК 1.02 – 01. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений, 2001. – 130 с.

44. Прузнер С. Л., Златопольский А. Н., Некрасов А. М. Экономика энергетики СССР. – М.: Высшая школа, 1984. – 423 с.

45. Трибрат О. А., Маркин А.Д. Использование мембранных технологий в системах водоподготовки на тепловых электрических станциях Донецкий национальный технический университет. 2010. – 85 с.

46. Самодуров А.Н., Жадан А.В., Пантелеев А.А. Ресурсосберегающие и энергоэффективные схемы в промышленной водоподготовке Мосэнергопроект, 2009. – 145 с.

50. Загретдинов И.Ш., Тропин В.В., Ресурсосберегающие и энергоэффективные схемы в промышленной водоподготовке. /Новое в российской электроэнергетике. 2009. № 1. 27–39 с.

51. Сергеева А.Н., Харченко С.П. Внедрение мембранных технологий на ТЭС. Материалы региональной студенческой научно-практической конференции «Независимый Казахстан: развитие, реалии и перспективы» в свете Послания Президента РК «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее», Астана 11 апреля 2014 года. – 58-59 с.

52. Сергеева А.Н., Харченко С.П. Внедрение новых технологий водоподготовки на ТЭС.//,-Вестник Инновационного Евразийского Университета.-2014.-№1.

Апробация работы. По материалам работы имеется одна публикация в научном журнале «Вестник Инновационного Евразийского Университета» N1, 2014. Результаты работы докладывались на V региональной студенческой научно-практической конференции «Независимый Казахстан: развитие, реалии и перспективы» в свете Послания Президента Республики Казахстан «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» проведённой в Казахстанской инженерно-технической академии города Астана 11 апреля 2014года. Статья диссертационного исследования опубликована в научном сборнике том II.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В магистерской диссертации использованы следующие обозначения и сокращения:

ТЭС - теплоэлектростанция;

тыс. тонн – тысяч тонн;

т.у.т.- тонн условного топлива;

т.н.т.- тонн натурального топлива

ТЭЦ- теплоэлектроцентраль;

ГРЭС – городская районная электростанция;

КПД – коэффициент полезного действия;

ТОО – товарищество с ограниченной ответственностью;

МВт - Мегаватты;

мг/м³ – миллиграмм на метр кубический;

ОУ - обессоливающая установка;

м³/ч- метр кубический в час;

мг-экв/дм³- миллиграмм эквивалент на метр кубический

ИМВ-испаритель мгновенного вскипания

БГ-Башенная градирня

В магистерской диссертации использованы следующие определения:

1. Система технического водоснабжения ТЭС - это система обеспечивающая охлаждающей водой работы турбоагрегатов с установленной мощностью и поддержание наивыгоднейшего (экономического) вакуума в конденсаторах не зависимо от изменения режимов их эксплуатации.

2. Обратный осмос-процесс, в котором с помощью давления принуждают растворитель (обычно вода) проходить через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор, то есть в обратном для осмоса направлении. При этом мембрана пропускает растворитель, но не пропускает некоторые растворённые в нём вещества.

3. Мембранные методы- это методы очистки сточных вод основанные на свойствах пористых тел пропускать предпочтительнее одни вещества, чем другие. Способы мембранного разделения, используемые в технологии очистки воды, условно делятся на диализ, электродиализ, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, обратный осмос.

4. Водоподготовка - водоподготовительная установка (ВПУ) на ТЭС призвана восполнять потери водного теплоносителя в основном контуре.

5. Сухая градирня - это ребристо - трубчатый теплообменник, оснащенный вентиляторами для охлаждения теплоносителя, который циркулирует по замкнутому контуру. Охлаждение теплоносителя в этом устройстве происходит благодаря потоку уличного воздуха, нагнетаемого вентиляторами.

6. Градирня- это устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха.

