



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности  
предприятий природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
(квалификация – бакалавр)

На тему Пути улучшения качества вод в системе оборотного водоснабжения на  
предприятии ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Исполнитель Вислогузова Ольга Сергеевна

Руководитель к.б.н., доцент Долгова-Шхалахова Алина Владимировна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 31 » \_\_\_\_\_ 01 \_\_\_\_\_ 2020 г.

Туапсе  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 3  |
| 1 Теоретические основы систем охлаждения на промышленных предприятиях  | 5  |
| 1.1 Классификация промышленных систем охлаждения .....   | 5  |
| 1.2 Общие экологические аспекты эксплуатации водных оборотных систем .....                                     | 9  |
| 2 Сущность технологического процесса и принцип работы УОВ №1 .....   | 17 |
| 2.1 Схема и технология функционирования системы охлаждения УОВ №1 на предприятие ООО «РН-Туапсинский НПЗ»..... | 17 |
| 2.2 Анализ качества оборотной воды в системе УОВ №1 .....  | 26 |
| 3 Мероприятия по улучшению качества работы систем оборотного водоснабжения.....                                | 50 |
| 3.1 Цель проведения стабилизационной обработки воды и критерии ее эффективности на УОВ №1 .....                | 50 |
| 3.2 Преимущества системы оборотного водоснабжения.....   | 53 |
| Заключение .....   | 58 |
| Список использованной литературы.....  | 60 |

## Введение

Системы водоснабжения разделяют на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные. На промышленных предприятиях, в зависимости от схемы использования воды, системы классифицируются на прямоточные, с последовательным использованием воды, оборотные, замкнутые.

В работе рассмотрены технологические особенности работы установки «Узел оборотного водоснабжения» (УОВ№1), основные проблемы ее функционирования и химический состав оборотной воды, используемой для технологических установок.

В настоящее время ООО «РН-Туапсинский НПЗ» является современным предприятием, и представляет собой сложный комплекс, состоящий из технологических установок, предназначенных для выполнения конкретных технологических операций. На них перерабатывается углеводородное сырье различных видов и производится большое количество товарных нефтепродуктов. В качестве сырья, продуктов и полуфабрикатов для установок нефтепереработки выступают смеси углеводородов, которые обладают взрывопожароопасными свойствами. Взрывоопасность установок нефтепереработки определяется не только физико-химическими свойствами углеводородов и их смесей, но также параметрами технологического процесса.

Для обеспечения технологических нужд на ООО «РН-Туапсинский НПЗ» широко применяются системы оборотного водоснабжения. На заводе построен узел оборотного водоснабжения, который обслуживает близлежащие технологические установки и объекты общезаводского хозяйства. Учитывая, что в производственных процессах нефтепереработки вода является прямым технологическим агентом и прекращение подачи воды в процесс вызывает его нарушение, все системы водоснабжения нефтеперерабатывающих заводов должны быть высоконадежными и должны обеспечивать бесперебойную подачу воды потребителям в необходимом количестве и требуемого качества.

Актуальность выпускной квалификационной работы: рассмотрение возможных путей увеличения срока циркуляции оборотной воды в системе УОВ №1 и минимизации использования системы продувки подпиточной водой в связи с ее дороговизной.

Объектом исследования является Узел оборотного водоснабжения №1 ООО «РН –Туапсинский НПЗ».

Предметом исследования является химический состав оборотной воды установки УОВ №1.

Цель работы: проведение анализа функционирования УОВ №1 и определение химического состава циркулирующей воды.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

- дать характеристику работы установки УОВ №1 и рассмотреть основные экологические риски при ее эксплуатации;
- провести химический анализ и оценить качество оборотной воды в установке УОВ №1;
- рассмотреть основные принципы поддержания качества оборотной воды;
- предложить мероприятия по оптимизации бесперебойного функционирования УОВ №1.

# 1 Теоретические основы систем охлаждения на промышленных предприятиях

## 1.1 Классификация промышленных систем охлаждения

Любой реальный производственный процесс связан с образованием тепла. Это вызвано тем, что все производственные процессы связаны с преобразованием энергии из одной формы в другую, при которой неизбежно происходит выделения тепла. В зависимости от интенсивности процессов образования избыточного тепла или отсутствия возможности его полезного использования, отведение избыточного тепла в окружающую среду осуществляется с поверхности технологической установки, специально предназначенные для организованного отведения тепла, называемые системами охлаждения. От того, насколько системы охлаждения обеспечивают потребности охлаждаемых технологических процессов зависит энергоэффективность, надежность и экологические показатели охлаждаемого оборудования [3, с. 115].

Основными типами являются, поверхностные теплообменники и конденсаторы, в которых охлаждаемый продукт и вода не соприкасаются друг с другом и соответственно не загрязняется нефтепродуктом.

К числу поверхностных аппаратов относятся – трубчатые конденсаторы и теплообменники; погружные конденсаторы и теплообменники; оросительные теплообменники.

Трубчатые теплообменники представляют собой противоточные теплообменные аппараты, где по пучку трубок мелкого диаметра протекает обычно вода, а по межтрубному пространству движется охлаждаемый продукт.

В поверхностных аппаратах вода не соприкасается с охлаждаемым продуктом, поэтому не загрязняется. В случае разгерметизации теплообменников охлаждаемый продукт может попасть в воду, это необходимо учитывать при выборе водоохладителей.

Общей и характерной чертой промышленных предприятий является

наличие большого количества теплообменников и отдельных оборотных циклов – водоснабжения, иногда составные части газообразных продуктов конденсируются при различных температурах. Соответственно к температурам охлаждающей воды предъявляются определенные требования, определяемые технологом при выборе охлаждающей аппаратуры для охлаждения нефтепродуктов.

Максимальное понижение температуры оборотной воды необходимо для аппаратов, которые при низких температурах воды восполняют большую конденсацию и лучше извлечение продукта.

В промышленности применяется много типов промышленной системы охлаждения, которые различаются между собой как принципом, так и конструкцией [20, с.96].

По типу охлаждающего аспекта:

- водные промышленные системы охлаждения, в качестве охлаждающего теплоносителя используется вода;
- газовые (воздушные и водородные), в качестве охлаждающего теплоносителя используется газообразное вещество (воздух, водород);
- гибридные (смешанные промышленные системы охлаждения);
- оборотные промышленные системы охлаждения, охлаждающий агент можно использовать многократно, после передачи тепла от технологического оборудования, охлаждающий агент может быть использован повторно (закрытый цикл использования теплоносителя).

Также можно использовать комбинированную систему охлаждения, (часть сбрасывается в окружающую среду, а часть используется повторно для охлаждения нефтепродуктов). Комбинированная система может обеспечить производственный объект достаточным количеством охлаждающей воды, и снизить объем забора свежей воды из водных объектов. Это вызывает необходимость полного перехода на оборотную систему с включением всех имеющихся охладителей (вентиляторных градирен, теплообменников и так далее).

Все типы охладителей могут соединяться в одной системе как последовательно, так и параллельно. К комбинированным системам относятся прямоточные промышленные системы охлаждения, в которых организована подача нагретой воды на вход промышленной системы охлаждения, причем эта часть может достигать десятков процентов от расхода циркуляционной охлаждающей воды:

- открытые в контакте с окружающей средой;
- замкнутые, охлажденный агент циркулирует в закрытом цикле и не контактирует с окружающей средой.

Оборотные системы охлаждения классифицируются по типам применяемых охладителей – оборотные системы с водоемами охладителями, а также градирнями различных видов.

Основные виды применяемых градирен разделяют по методу создания потока охлаждающего воздуха: атмосферные, башенные, вентиляторные с принудительной тягой. Обратная система технического водоснабжения характеризуется использованием циркуляционной воды с охлаждением ее в охладителях разного вида и восполнением потерь воды из источников водоснабжения [3, с.162].

Применяемые классификации не позволяют однозначно классифицировать отдельную конструкцию промышленной системы охлаждения. Каждая конкретная конструкция промышленной системы охлаждения может обладать определенными физическими процессами, на использование которых организована теплопередача в данной конструкции, над другими. В воздушных радиаторных системах широко используется орошение радиаторов водой, в системах, относимых к испарительным, существенная часть тепла отводится путем нагревания воздуха проходящего через градирни. В связи с этим можно сказать, что любая классификация промышленной системы охлаждения будет достаточно условной, определяемой в большей степени ее функциональными назначениями.

Классификация промышленных систем охлаждения используется на

решения конкретных задач охлаждения продукта и на разделение конструкций промышленной системы охлаждения по классам, имеющие сходные показатели воздействия на окружающую среду, энергоэффективности и потребления природных ресурсов (рисунок 1).

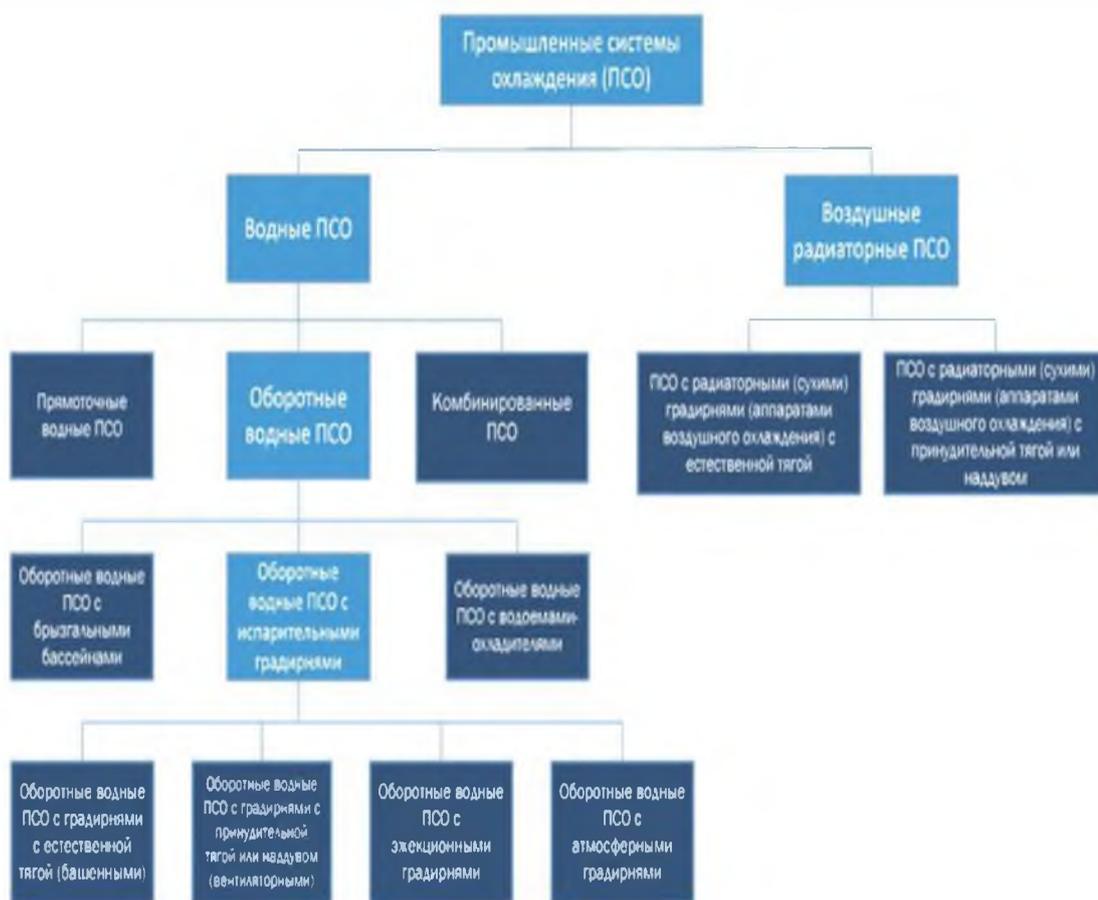


Рисунок 1 – Классификация промышленных систем охлаждения [6, с.98]

Как видно на рисунке 1, исходя из данной классификации рассмотрены основные типы охлаждения промышленности: прямоточные водные системы охлаждения; оборотные водные промышленные системы охлаждения; воздушные промышленные системы охлаждения с вентиляторными градирнями, которые являются самыми эффективными; комбинированные.

Важно учитывать, что значения охлаждения могут меняться и зависеть в значительной мере от конструкции теплообменника и характеристик окружающей среды. Соответственно изменяются минимальные достижимые конечные температуры рабочей среды (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики различных типов систем охлаждения промышленного применения [10, с.250]

| Система охлаждения                               | Охлаждающая среда | Основные принципы охлаждения | Минимальное недоохлаждение, °С | Минимальная достижимая температура охлаждения охлаждаемой среды, °С |
|--|-------------------|------------------------------|--------------------------------|---|
| Прямоточная водная ПСО                           | Вода              | Теплопроводность и конвекция | 3-5                            | 18-20   |
| Оборотная водная ПСО с испарительными градирнями | Воздух<br>Вода    | Испарение                    | 6-10                           | 27-31   |

Как видно из таблицы 1, вода является вторичным охлаждающим агентом. Тепло передается в атмосферу с водяным паром, а воздух является охлаждающим агентом, с которым тепло отводится в окружающую среду. Испарение является основным механизмом теплопередачи. Тепло передается также путем теплопроводности, но в меньшей доле. Конечные температуры зависят от климатических условий.

## 1.2 Общие экологические аспекты эксплуатации водных оборотных систем

Вода благодаря большой теплоемкости нашла широкое применение в промышленности для охлаждения оборудования и продукта. На эти цели расходуются громадные количества воды, значительно большие, чем на все остальное производственное водопотребление. В большинстве случаев вода отводит тепло за счет собственного нагрева. В оборотных системах водоснабжения для обеспечения теплового баланса вода отдает это тепло атмосферному воздуху в специальных охлаждающих устройствах. Чаще всего охлаждение воды происходит при непосредственном контакте воды и охлаждающего воздуха, в результате чего часть воды теряется на испарение и капельный унос с воздухом. При этом происходит концентрирование солей в

воде оборотной системы.

Системы водоснабжения разделяют на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные. На промышленных предприятиях, в зависимости от схемы использования воды, системы классифицируются на прямоточные, с последовательным использованием воды, оборотные, замкнутые.

Обработка сточных вод замкнутых системах водоснабжения осуществляется с целью придания им свойств, позволяющих повторное использование очищенной воды.

Способы обработки сточных вод, предназначенных для повторного использования, зависят от характера и концентрации загрязняющих веществ, количества сточных вод после установок и требований водопотребителей, использующих очищенные сточные воды.

«Экологический аспект – это элемент деятельности предприятия, которое взаимодействует с окружающей средой» [9, с. 115]. Использование этого понятия существенно облегчает применение подходов предотвращения загрязнения. При рассмотрении экологических аспектов следует учитывать:

- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ;
- сбросы в поверхностные водные объекты, ливневую канализацию.

Соотношение «экологические аспекты» и «воздействие на окружающую среду» необходимо рассматривать как соотношение «причины и условия деятельности» и «последствия для окружающей среды».

Значимость проблемы заключается в том, что прямоточные системы технического водоснабжения существенно уступают по своим экологическим характеристикам оборотным системам. Основные претензии экологов к прямоточным системам:

- очень большие объемы потребления воды из водных объектов;
- сброс больших объемов тепла в водные объекты;
- непосредственный контакт охлаждающей воды с технологическим оборудованием создает риски попадания охлаждаемых веществ в водные

объекты;

- предотвращение гибели водных организмов на водозаборах прямоточных систем затруднено из-за больших расходов воды.

Оборотные системы водоснабжения лишены этих недостатков, а, значит, переход от прямоточного охлаждения воды к оборотному приводит к повышению уровня экологической безопасности любого технического объекта.

Общие экологические аспекты:

- основным путем отведения тепла является испарение воды;
- в циркуляционной воде оборотной системы происходит постепенный рост концентрации солей, что характерно создает риск возникновения отложений на теплообменных поверхностях. Сокращение этих негативных процессов требует сброса части оборотной воды (продувка системы) в поверхностный водоем и химической обработки оборотной воды;
- потребления электроэнергии погружными насосами и вентиляторами;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- образование парового факела, что могло бы привести при определенных условиях к негативным воздействиям на сооружение и окружающую среду в районе расположения промышленных систем охлаждения;
- риск влияния на здоровье людей с возможным развитием в промышленных системах охлаждения патогенных микроорганизмов [15, с.56].

Интенсивность этих объектов в основном зависит от типа применяемых охладителей.

Эффективное управление экологическими рисками предполагает выполнение нескольких необходимых условий, первое из которых – стратегический подход к проблеме. Осознание, что экологическая безопасность – неотъемлемая часть бизнес – модели, должно привести к построению системы экологического менеджмента в компании. Большинство

нефтегазовых корпораций, создают собственные системы управления и системы экологических стандартов, подразумевающие как минимум выполнение норм национального законодательства, а как максимум – всех международных требований. Крупные компании сертифицируются по международным системам управления качеством (ISO 9001), охраны труда и здоровья (ISO/OHSAS 18001) и управления охраной окружающей среды (ISO 14001). Подобный подход позволяет сделать выполнение правил экологической безопасности обязательным пунктом программы не только для самой компании, но и для совместных предприятий, дочерних обществ и зачастую для подрядчиков.

Основным общепринятым показателем безопасности является риск. Этот термин не имеет однозначного определения. Наиболее употребительны следующие толкования:

- вероятность события, представляющего опасность;
- средний ущерб, выраженный в натуральном измерении;
- комплексная мера опасности, выраженная в условных единицах (балла).

Количественно риск определяется как произведение вероятности опасного события (отказа) на последствия этого отказа (ущерба, измеряемых в денежном выражении). Понятие риска переводит опасность в разряд измеряемых категорий. Риск является мерой опасности и измеряется в тех же единицах, что и последствия (ущерб) отказа.

Обычный анализ риска рассматривается как составная часть комплексного подхода к принятию решений и программ по предупреждению и уменьшению опасности для жизни человека и для ухудшения качества окружающей среды. Система же принятия решений по обеспечению безопасности носит название управление рисками. Говорят также об управлении безопасностью или обеспечении промышленной безопасности.

Различают следующие виды риска при анализе безопасности нефтегазовых объектов: технический, экологический, социальные, экономические.

Технический риск характеризует опасность аварий на производственных объектах. При проектировании и эксплуатации трубопроводных систем в первую очередь надо иметь в виду технические риски. Технические риски являются предметом исследования теории надежности и ассоциируются с безотказностью, ресурсом и живучестью как единичными свойствами надежности и безопасности [1, с.224].

Экологический риск выражает опасность негативных воздействий на природу, нарушения нормального существования биocenozов, деградации почв, ухудшения воздушного бассейна, негативных изменений горно-геологических структур в результате деятельности человека.

Понятия экологического риска приложимо к масштабам территории предприятия, населенного пункта, региона в планетарном масштабе. Применительно к объектам больших трубопроводных систем нефтеснабжения следует рассматривать риски процессов деградации воздушного и водного бассейнов, почв, ландшафтов и земных недр [12, с.102].

Социальный риск возникает в связи с деградацией природной среды, при резком снижении производства в населенных пунктах, ориентированных на одну отрасль промышленности, при катастрофах в системах жизнеобеспечения населения. Социальный риск выражает опасность негативных последствий для жизни группы или сообщества людей. Так, недостаточные капиталовложения в поддержание работоспособности систем нефтеснабжения сопряжены с социальными рисками большей части населения страны.

Экономические риски для нефтеперерабатывающих предприятий могут быть вызваны изменением налогового законодательства, понижением цен или уменьшением спроса, возникновением аварий и катастроф. Экономические риски связаны с опасностью невыполнения доходных статей проекта или проявление отрицательных экономических последствий в результате некоторого вида деятельности. При проектировании эксплуатации объектов трубопроводных систем следует иметь в виду все виды риска и детально исследовать те из них, которые наиболее важны для данного объекта.

Система экологической безопасности нефтегазовых объектов предусматривает осуществление комплекса инженерно-экологических мероприятий, обеспечивающих безопасное строительство и эксплуатацию объектов по нормированной номенклатуре факторов риска. Критериями оптимальности мероприятий является минимизация ущерба окружающей среде, минимизация экологического риска с позиций сохранения устойчивого экологического равновесия [11, с.516].

Оценка экологического риска последствий решений, принимаемых в сфере реконструкции действующих объектов нефтеперерабатывающей промышленности, приобретает все большее значение в связи с повышением требований экологического законодательства, а также с вероятностью экономических потерь в будущем, которые могут резко снизить рентабельность проекта (рисунок 2).



Рисунок 2 – Оценка экологических рисков [19, с.108]

Хотя оценка экологического риска пока не является обязательной составной частью разделов проекта «Охрана окружающей среды» и «Оценка воздействия на окружающую среду», ее количественное определение чрезвычайно желательно как для лиц, принимающих решение в сфере производства, так и для организаций, контролирующих экологическую

составляющую их деятельности.

Экологические программы в нефтеперерабатывающей промышленности сегодня включают в себя большой комплекс разнонаправленных мероприятий. Действия которых должны предотвратить само возникновение негативных последствий деятельности нефтеперерабатывающих предприятий: загрязнения воздуха опасными выбросами, почвы и водоемов – в результате разливов нефти и т. д. Очевидно, что реализация конкретных мер, нацеленных на сохранение окружающей среды, отражает уровень развития как отдельных компаний, так и государства и общества в целом. Еще один важный этап – минимизация количества отходов на всех стадиях производства нефти и нефтепродуктов и их качественная утилизация. Группа компаний нефтепереработки активно инвестирует в модернизацию производства и обеспечение более экологически безопасных методов добычи и транспортировки углеводородов [14, с.65].

При выборе мер по снижению экологических рисков учитывают необходимость решения следующих проблем:

- ликвидации источника воздействия на окружающую среду;
- сокращения объемов воздействия на окружающую среду;
- предотвращения появления нового источника воздействия на окружающую среду;
- централизации источников воздействия на окружающую среду;
- утилизации существующих отходов производства и потребления.

В стране накопился ряд проблем в вопросах природоохранного регулирования. Среди прочего крайне плохо развита система утилизации и переработки отходов.

Не соответствует современным требованиям, и экологическое законодательство, содержащее большое количество противоречий: отсутствует регламент взаимозачета инвестируемых в природоохранные мероприятия финансовых средств в счет сокращения размера платы за негативное воздействие на окружающую среду, отсутствуют регламенты по переоформлению разрешительной природоохранной документации,

не определены нормативы предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасные уровни воздействия для ряда загрязняющих веществ и прочее.

Нередко нефтяникам приходится сталкиваться с отсутствием полигонов для размещения отходов производства и потребления вблизи регионов деятельности. Все эти ограничения не позволяют нефтяным компаниям в полной мере соответствовать тому уровню экологической безопасности, который принят в западных странах. Решение экологических проблем в области нефтепереработки требует разработки и внедрения высокоэффективных, малозатратных технологий переработки нефти и новых систем защиты экологии, что приведет к рациональному использованию нефти и улучшению состояния природной среды [2, с.86].

## 2 Сущность технологического процесса и принцип работы УОВ №1

### 2.1 Схема и технология функционирования системы охлаждения УОВ №1 на предприятие ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Полное наименование объекта – Узел оборотного водоснабжения №1 (рисунок 3). Узел оборотного водоснабжения №1 (УОВ№1) предназначен для охлаждения, оборотной воды и обеспечения оборотной водой холодильного оборудования технологических установок завода. Для выделения из оборотной воды нефтепродукта, в случае попадания в 1 систему оборотной воды, на УОВ №1 предусмотрены нефтеотделители.

Для уменьшения коррозионной способности воды, уменьшение накипеобразования и биологических обрастаний на стенках теплообменных аппаратов предусмотрен узел дозирования реагентов в 1 систему оборотной охлаждающей воды.

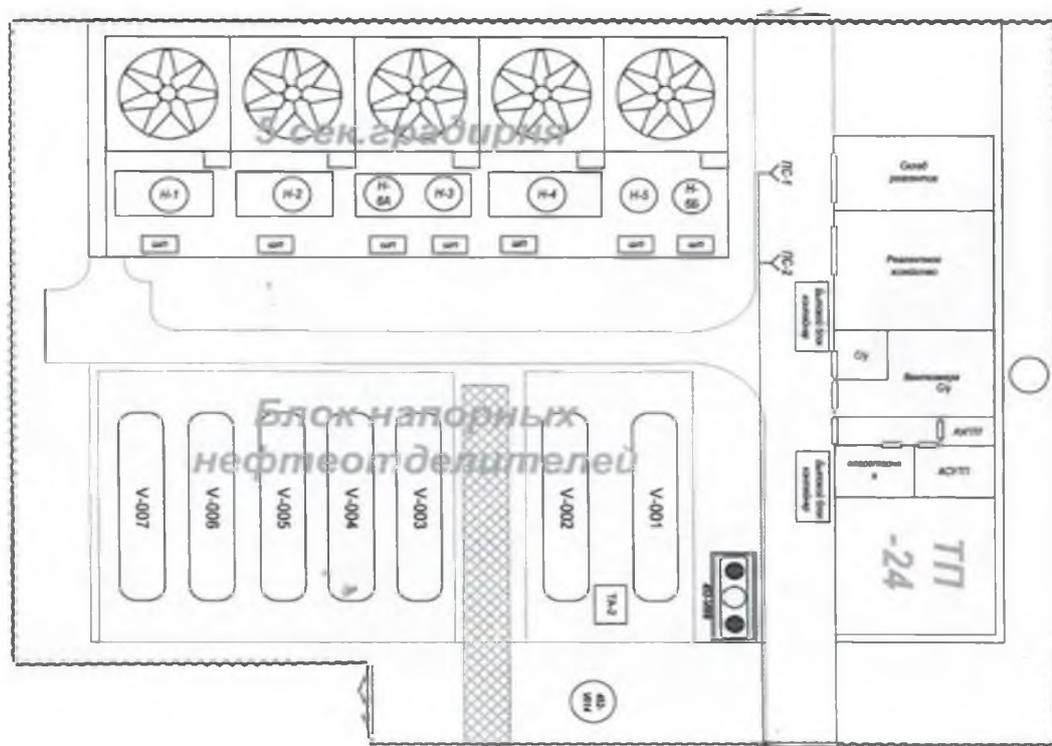


Рисунок 3 – Технологическая схема участка УОВ №1[3, с. 21]

Нагретая оборотная вода с установок поступает на УОВ №1 двумя потоками:

- 1-й поток - оборотная вода первой системы, поступает по трубопроводу Ду -1400;
- 2-й поток – оборотная вода первой системы с комбинированной установки КУ-3, поступающий по трубопроводу Ду-1400.

Нагретая оборотная вода с установок поступает с температурой не более 40<sup>0</sup>С. Содержание нефтепродукта в оборотной воде регистрируется поточными анализаторами (не более 25 мг/л нефтепродукта в нагретой оборотной воде, частота контроля постоянно).

Одновременно, каждый поток направляется через напорные нефтеотделители для удаления нефтепродуктов и взвешенных веществ.

На УОВ №1 предусмотрено семь нефтеотделителей (материал сталь). Одновременно в работе – шесть нефтеотделителей, один в резерве. Производительность каждого нефтеотделителя 960 м<sup>3</sup>/ч. Периодически производится промывка донного осадка (в виде пульпы), который откачивается оседающими насосами на очистные сооружения. Расход воды с размытым донным осадком равен 77 м<sup>3</sup>/ч.

Заглубленная емкость уловленных нефтепродуктов с объемом 16 м<sup>3</sup>, с рабочей температурой от + 5 до +40<sup>0</sup>С. Уловленные нефтепродукты из емкости откачиваются насосами с расходом 48 м<sup>3</sup>/ч в разделочный резервуары очистных сооружений.

Блок пятисекционной градирни (материал каркаса - сталь). После очистки в нефтеотделителях, оборотная вода собирается в коллектор, откуда двумя параллельными потоками с остаточным напором поступает в коллектор раздачи воды на охлаждение в пятисекционную вентиляторную градирню.

Охлаждение воды до температуры не более 28<sup>0</sup>С осуществляется потоками воздуха. Создаваемым вентилятором. Температура охлажденной воды регистрируется приборами за счет плавного изменения частоты вращения вентиляторов с помощью частотных преобразователей (диаметр колеса вентилятора - 6930 мм).

Уровень воды в приемных камерах регистрируется приборами. Для

защиты насоса от «сухого хода» в камере насосов установлены приборы наличия уровня. При понижении уровня воды меньше 1000 мм от дна бассейна, включается блокировка насоса и срабатывает аварийная сигнализация.

Основные погружные насосы и резервные насосы предназначены для подачи охлаждаемой воды с общим расходом не более 11500 м<sup>3</sup>/ч в первую систему оборотной воды. Производительность каждого погружного насоса 2300 м<sup>3</sup>/ч.

На объекте предусмотрено реагентное хозяйство. Дозирование реагентов осуществляется в линию охлажденной воды, которая объединяется с линией охлажденной воды после фильтра и направляется в приемные камеры насосов градирни [7, с. 42].

Одним из необходимых цехов для нормальной работы завода, является цех «Водоснабжения и водоотведения». Это в первую очередь необходимая вода для завода.

Цех снабжает весь завод необходимым количеством воды. Цех ВиВ имеет в своем распоряжении три установки, которые называются: УОВ №1 (Узел оборотного водоснабжения №1); ПГВ (подъем грунтовой воды); НВПТ (насосная водяного пожаротушения).

Охлаждение технологических сред осуществляется с помощью теплообменных аппаратов. Эксплуатация теплообменных аппаратов сопровождается утечками технологических сред в оборотную воду, а охлаждение оборотной воды происходит в градирнях оборотного водоснабжения.

Эксплуатация градирен сопровождается выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ, содержащихся в оборотной воде, образующихся при механическом дроблении и испарении полученных капель.

При работе УОВ №1 с поступлением горячей воды на градирни происходит испарение с незначительными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с установки УОВ №1

| Наименование выброса  | Количество выбросов по видам загрязняющих веществ, т/год | Периодичность выбросов | Установленная норма содержания загрязнения в выбросах, мг/м <sup>3</sup> | Примечание                          |
|---|--|------------------------|--|-------------------------------------|
| Выбросы углеводородов предельных C <sub>6</sub> -C <sub>10</sub> от градирни          | 1,198  | Постоянно              | 0,726  | В период работы пускового комплекса |
| Выбросы углеводородов предельных C <sub>6</sub> -C <sub>10</sub> от градирни          | 5,883  | Постоянно              | 2,037  | Период полного развития             |
| Выбросы углеводородов предельных C <sub>6</sub> -C <sub>10</sub> от нефти отделителей | 0,549  | Постоянно              | 0  | -                                   |

Как видно из таблицы 2, в процессе эксплуатации УОВ №1, при охлаждении оборотной воды происходят не существенные испарения в системе охлаждения с не значительными выбросами в атмосферу. Фактическое их содержание в м<sup>3</sup> определяется в мг, однако за год составляет от 0,5 до 6 тонн.

УОВ №1, как правило, обслуживает группу технологических установок и объектов общезаводского хозяйства и располагается вблизи крупных потребителей воды. Основной блок УОВ №1 занимает значительную территорию. Следует иметь в виду, что количество оборотной воды, транспортируемой от узла к потребителям и обратно, составляет 11,500 м<sup>3</sup> / ч. это общий расход циркуляционной воды на полное развитие.

Система оборотного водоснабжения предназначена для удовлетворения производственных нужд предприятия. Принцип действия оборотной системы заключается в многократном использовании однажды забранной из водоема воды. Горячая вода после конденсаторов и холодильников самотеком или под напором направляется на узлы оборотного водоснабжения, где проходит через нефтеотделители и специальные охлаждающие устройства: вентиляторные градирни. Наиболее эффективное охлаждение достигается в градирнях.

В вентиляторных градирнях нагнетание воздушных масс осуществляется

с помощью вентиляторов. Такие конструкции позволяют регулировать режим их работы за счет добавления или отключения вентиляторов.

Основными элементами конструкции градирни являются:

Ороситель (блоки оросителя) – главный элемент градирни, определяющий ее охлаждающую способность. Основной задачей является обеспечение максимально возможной площади охлаждения воды во время ее контакта с потоком встречного воздуха.

Водоуловитель – элемент волнообразной формы, максимально снижающий капельный унос при минимальном аэродинамическом сопротивлении. Служит для конденсации и осаждения летящих вверх капель воды в воздушном потоке, а также для равномерного распределения воздушных потоков на выходе из градирни.

Водораспределительная система с эвольвентными соплами, предназначена для равномерного распределения воды по площади поперечного сечения секции градирни. Охлаждение воды осуществляется потоком воздуха, создаваемым вентилятором, находящимся в верхней части градирни.

Вентиляторные установки, смонтированные в каждой секции градирни. Вентилятор предназначен для работы в вытяжном режиме. Конструкция рабочего колеса вентилятора дает возможность регулировки угла атаки лопастей, что дает возможность изменения аэродинамических характеристик вентилятора. Запрещается включение в работу вентилятора с закрытыми нижними воздухоприемными жалюзийными створками так как повышение сопротивления приведет к росту аэродинамической нагрузки на лопасти вентилятора и его разрушению [5, с.115].

Далее идут приемные камеры с погруженными центробежными насосами, характеристика насоса: подача -2303 м<sup>3</sup>/час. Объем градирни по воде составляет  $V=6500 \text{ м}^3$ .

Градирни используются в системах оборотного водоснабжения, требующих устойчивого и глубокого охлаждения воды, и, как правило, проектируются по типовым индивидуальным проектам, разработанным

специализированными организациями.

Охлаждающий эффект градирен возрастает с увеличением контакта воды с воздухом, который достигается различными способами.

По принципу охлаждения воды градирни (рисунок 4) могут быть испарительными и поверхностными.



Рисунок 4 – Градирни на предприятии ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

По способу подвода воздуха к охлаждаемой воде испарительные градирни подразделяют на три основные группы:

- открытые или атмосферные, поступление воздуха в которые происходит продувкой их ветром и естественной конвекцией;
- башенные имеющие естественную тягу воздуха за счет разности плотностей наружного воздуха и нагретого влажного воздуха внутри градирни;
- вентиляторные, движение воздуха в которых происходит за счет тяги, создаваемой вентиляторами.

Принцип работы градирни довольно прост. Процесс охлаждения в устройстве осуществляется за счет частичного испарения жидкости и осуществления теплообмена с воздухом. При этом вода в градирне стекает по оросителю в виде капель или тонкой пленки. В это же время вдоль оросителя

проходят воздушные потоки.

Первая система оборотного водоснабжения предназначена для подачи охлаждающей воды в теплообменные аппараты для охлаждения или конденсации технологических продуктов. Необходимый расход и давление в сети оборотного водоснабжения поддерживается погружными насосами, установленными в приемной камере градирни.

В качестве исходной воды и воды на подпитку система оборотного водоснабжения использует противопожарно-производственную воду с большим содержанием микроорганизмов и растворенных солей кальция и магния. Содержание солей жесткости приводит к образованию отложений на стенках теплообменного оборудования технологических установок. Содержание солей жесткости приводит к солеотложению на стенках теплообменного оборудования. Это ухудшает теплообмен и требует увеличение затрат на перекачивание оборотной воды, а также ухудшает условия ведения технологического процесса. При увеличении температуры воды выше 50<sup>0</sup>С процесс солеотложения усиливается.

Вентиляторная градирня. При размещении градирен на площадке предприятия учитывают характер застройки окружающей территории, стремятся к меньшей протяженности циркуляционных трубопроводов, соединяющих потребителей охлаждающей воды с градирнями, а также учитывают направление господствующих ветров зимой и летом, туманообразование и вынос капель воды за пределы градирни, вызывающие обмерзание расположенных вблизи сооружений.

В оборотной системе УОВ №1 установлено пять вентиляторных градирен. На градирни оборудованы дополнительно жалюзи для эффективности подачи воздуха, в зимний период для предотвращения наледей.

В целях уменьшения диаметров и протяженности трубопроводов водопроводных сетей применяют при соответствующем технико-экономическом обосновании децентрализацию систем оборотного водоснабжения с максимальным приближением градирни к цехам

потребителям воды (рисунок 5).

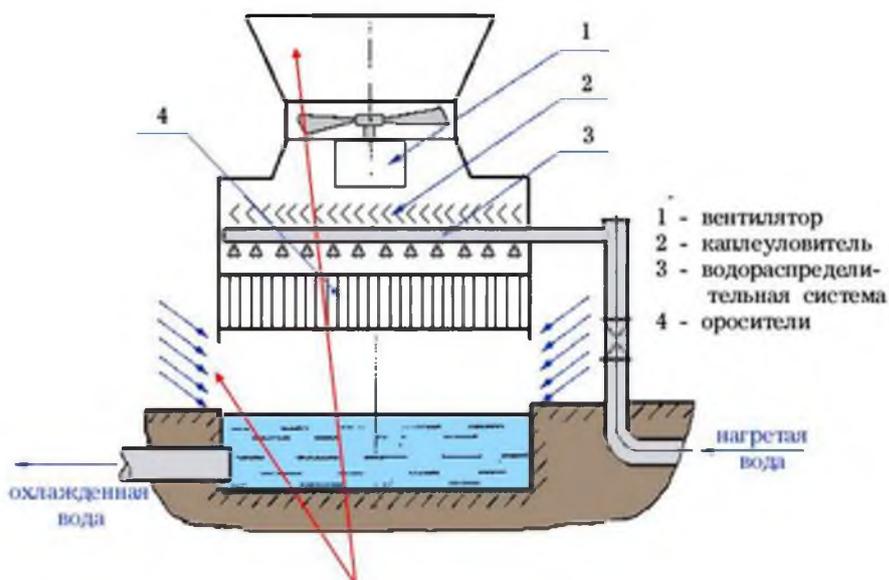


Рисунок 5 – Вентиляторные градирни [25, с.56]

Как видно на рисунке 5, подача воды из распределительного коллектора в каждую градирню осуществляется через эвольвентные сопла, предназначенные для равномерного распределения воды по площади поперечного сечения градирни.

Каждая секция градирни имеет отдельную водосборную чашу, где собирается охлажденная вода. Через шиберные заслонки, установленные в железобетонной перегородки между водосборными чашами и приемными камерами погружных насосов, вода поступает в камеру погружных насосов. Погружные насосы предназначены для подачи охлажденной воды на технологические установки.

Для обработки оборотной воды 1 системы используется ингибитор накипеобразования и коррозии. Входящие в состав реагента фосфонные соединения стабилизируют соли жесткости в растворе, а наличие в составе реагента полимеров - дисперсантов обеспечит стабилизацию взвешенных частиц в растворе и предотвратит их отложение на поверхности. При интенсивно протекающих процессах кристаллизации (высокая температура и содержание солей жесткости) молекулы фосфонатов и полимеров, обладающие

высоким сродством к ионам кальция, активно встраиваются в растущие кристаллы, что замедляет их рост и обуславливает аморфную структуру. Частицы увеличиваются в размерах в результате послойного отложения на поверхности органо-минеральных комплексов, но остаются агрегативно-устойчивыми благодаря адсорбции молекул полимеров-дисперсантов, находясь в растворе в дисперсном состоянии, не образуя накипи.

Надежную защиту от внутренней коррозии для аэрированной воды могут обеспечить только реагенты, способные формировать на поверхности металла пассивирующую защитную пленку, непроницаемую для коррозионно – агрессивных газов и ионов. Фосфоновые соединения, входящие в состав ингибитора накипеобразования и коррозии, способны образовывать прочные комплексы с ионами железа на поверхности с образованием защитного адсорбционного слоя на поверхности металла. В оборотных системах с повышенным содержанием взвешенных веществ различной природы, ингибитор накипеобразования и коррозии препятствует их осаждению на поверхности металла с образованием застойных зон, что уменьшает вероятность подшламовой коррозии.

Для защиты от биологических обрастаний в систему оборотной воды дозируются биоциды. Химический состав биоцида: 20%-ный водный раствор гидрохлорида полимерного азотсодержащего органического соединения.

Достоинства охлаждающих градирен открытого типа:

- экономичность за счет низкого энергопотребления;
- большая производительность для промышленных целей;
- быстрое охлаждение воды от +45°С до +15°С;
- простота и малозатратность обслуживания;
- возможность работы при высоких и низких температурах;
- близость к источнику воды, вследствие чего уменьшаются расходы по организации длинных водопроводов;
- доступ к внутренним частям и возможность осуществления

техобслуживания и ремонта без прекращения работы.

Недостатками открытых градирен являются невозможность точного температурного контроля и его регулировки, невозможность работы при низких температурах окружающей среды и шум при работе [22, с.212].

## 2.2 Анализ качества оборотной воды в системе УОВ №1

Согласно действующему СП 31.13330.2012 (наружные сети. Водоснабжение и канализация) оборотная вода, используемая в водооборотных охлаждающих циклах не должна вызывать:

- образование биологических обрастаний;
- коррозию труб и оборудования;
- образование накипи и солевых отложений.

Настоящий свод правил устанавливает требования, которые должны соблюдаться при проектировании вновь строящихся и реконструируемых систем наружного водоснабжения.

При разработке проектов водоснабжения следует руководствоваться действующими на момент проектирования нормативными и техническими документами.

Для устранения вышеуказанных негативных процессов обязательно проведение стабилизационной обработки воды (СОВ), включающей в себя ряд химико-технологических процедур, таких как периодическая и постоянная обработка оборотной или подпиточной воды, фильтрации от мехпримесей, замена части оборотной воды на свежую подпиточную (продувка).

При проектировании новых нефтеперерабатывающих заводов принимаются следующие целевые показатели расхода воды:

- $0,133 \text{ м}^3$  – расход свежей воды на 1 тонну перерабатываемой нефти;
- $13,2 \text{ м}^3$  – расход оборотной воды на тонну нефти.

На уже существующих предприятиях удельные расходы свежей воды колеблются от  $0,025 \text{ м}^3/\text{т}$  до  $2,8 \text{ м}^3/\text{т}$  при среднем показателе по отрасли  $1,4 \text{ м}^3/\text{т}$

нефти. Значительный разброс в приведенных показателях указывает на существенный резерв, в плане рационализации использования водных ресурсов.

Современный Узел оборотного водоснабжения №1 проектируется и эксплуатируется в соответствии с требованиями «Ведомственные указания по техническому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности - ВУТП-97». Главные положения данного документа, касаются стабилизационной обработки воды (СОВ). Системы производственного водоснабжения должны быть оборотные с применением максимально возможного повторного использования воды. Применение прямоточных систем, предполагающих однократное использование воды, с последующей очисткой загрязненных сточных вод перед сбросом в канализацию, нецелесообразно как с технической, так и с экономической точек зрения.

На нефтеперерабатывающих заводах, в зависимости от имеющихся процессов, должны предусматриваться следующие системы водоснабжения:

- первая система водоснабжения – для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при нормальном или аварийном состоянии при атмосферном давлении находятся в жидком состоянии;
- вторая система водоснабжения – для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при нормальном или аварийном состоянии при атмосферном давлении находятся в газообразном состоянии;
- третья система водоснабжения – для конденсаторов паровых турбин установок (выделяются в самостоятельный оборотный цикл);
- четвертая система водоснабжения – для аппаратов, в которых возможно загрязнение охлаждающей воды парафином и жирными кислотами;
- отдельные специальные оборотные циклы для производств со специфическими веществами, которые могут загрязнить оборотную воду

(серная кислота, олеум и др.), или для производств, требующих обратную воду определенного качества.

Состав, комплектация и технические характеристики узла по переработки воды реагентами принимаются по рекомендациям научно-исследовательских институтов и ВУП -97.

Типовая схема узла дозирования и мониторинга подачи реагентов для СОВ приведена на рисунке 6.

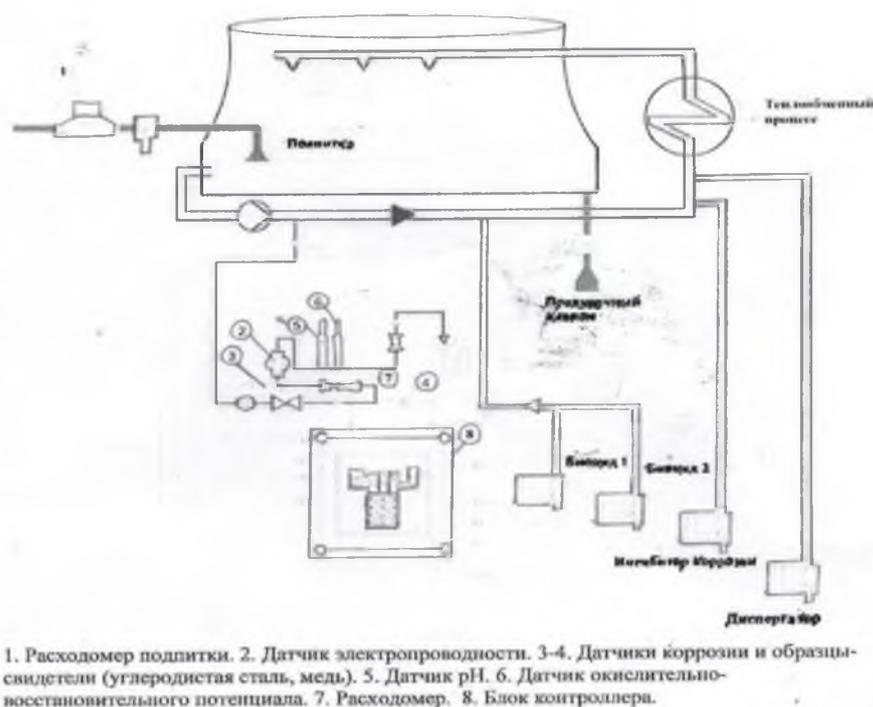


Рисунок 6 – Схема узла дозирования и подачи реагентов для СОВ [6, с.149]

В целях предотвращения коррозии, карбонатных отложений и биологических обрастаний теплообменной аппаратуры и трубопроводов должны быть предусмотрены узлы боковой фильтрации. Боковая фильтрация обратной воды должна осуществляться непрерывно из расчета 5-6% от расхода охлажденной обратной воды. Размер ячейки фильтрующего элемента должен обеспечивать снижение содержания взвешенных веществ до 25,0 мг/л.

Точка забора обратной воды в градирнях располагается на поверхности (например, при помощи поплавкового устройства). Точка забора продувочной воды, напротив, должна располагаться ближе ко дну чаши для удаления как

можно большего количества примесей. Несоблюдение этого правила приводит к наиболее быстрому обрастанию оборудования накипью и росту издержек на обслуживание системы, так как вода с более высоким солесодержанием, большим количеством биошлама, грязи располагаются ближе ко дну.

При определении агрессивности воды по отношению к углеродистой стали учитывают следующие показатели (таблица 3).

Таблица 3 – Коррозионная агрессивность оборотной воды по отношению к углеродистой стали [4, с.215]

| № п/п | Показатели  | Слабоагрессивная вода | Высокоагрессивная вода |
|-------|---|-----------------------|------------------------|
| 1     | 2   | 3                     | 4                      |
| 1     | Сумма $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ , мг/л                         | $\leq 100$            | $\geq 100$             |
| 2     | Общее содержание растворенных солей (сухой остаток), мг/л | $\leq 500$            | $\geq 500$             |
| 3     | Карбонатная жесткость воды, мг-экв/л                      | $\geq 2,5$            | $\leq 2,5$             |
| 4     | Содержание растворенного кислорода, мг/л                  | $\leq 6,0$            | $\geq 6,0$             |

Как видно из таблицы 3, при правильной организации стабилизационной обработки воды и внедрении оптимальных пакетов реагентов, эффективность работы повышается за счет:

- сокращения потребления свежей воды на 20-30% (за счет работы на повышенных коэффициентах упаривания);
- снижение энергопотребления на 3-5% (за счет снижения потерь напора, уменьшения количества отложений и улучшения теплопередачи);
- снижения скорости коррозии металла оборудования с 0,5-1,5 мм/год до 0,1 мм/год и менее (за счет пассивации металла пленками ингибиторов и карбонатно –солевых отложений);
- отсутствия солевых отложений и биообрастаний на теплообменной поверхности оборудования;
- повышения надежности и сроков службы оборудования в целом.

Основные эксплуатационные показатели работы УОВ №1. Для расчета водооборотных систем принимают следующие определяющие факторы. Испарение ( $E$ , м<sup>3</sup>/час). Скорость испарения зависит от количества

охлаждающей воды и перепада температур  $\Delta t$  в систему. Скорость испарения принимается согласно эмпирическому правилу – в процессе испарения при каждом понижении температуры на  $5.6^{\circ}\text{C}$  испаряется 1% от расхода воды в замкнутой циркуляционной системе объемом  $V_c$ :

$$E = V_c \frac{\Delta t}{560}; \text{ м}^3/\text{час} \quad (1)$$

где,  $E$  – испарение воды,  $\text{м}^3/\text{час}$

$V_c$  – объем воды системы,  $\text{м}^3$

$\Delta t$  – перепад температуры на градирни,  $^{\circ}\text{C}$ .

Коэффициент упаривания ( $K_y$ ). Подпиточная вода, которую добавляют в циркуляционную систему, содержит растворенные примеси. При испарении воды образуются чистый пар  $\text{H}_2\text{O}$ , а примеси накапливаются в воде. Отношение концентрации солей в оборотной воде к концентрации этих же солей в подпиточной воде и получило название коэффициента упаривания:

$$K_y = \frac{C_{об}}{C_{под}} \quad (2)$$

где,  $K_y$  – коэффициент упаривания воды, %

$C_{об}$  – содержание хлорид - ионов в оборотной воде,  $\text{мг}/\text{дм}^3$

$C_{под}$  - содержание хлорид – ионов в подпиточной воде,  $\text{мг}/\text{дм}^3$

Во всех расчетах используется показатель коэффициента упаривания, рассчитанного по хлоридам. Только в случае обработки оборотной воды (хлорирование) допускается расчету  $K_y$  по показателю электропроводности.

Подпитка (П), расход подпиточной воды ( $\text{м}^3/\text{час}$ ). Количество воды, требуемое для компенсации воды, потерянной на испарение, израсходованной на продувку, потерь на каплеунос и всех других потерь в системе. Требуемый объем измеряется расходомером, если расходомер не установлен, то может быть рассчитан по формуле:

$$P = E \frac{K_y}{(K_y - 1)}; \text{ м}^3/\text{час} \quad (3)$$

где,  $P$  – объем подпиточной воды,  $\text{м}^3/\text{час}$

$E$  – скорость испарения,  $\text{м}^3/\text{час}$

$K_y$  – коэффициент упаривания воды, %

Частичный сброс оборотной воды, продувка. Поскольку при испарении в воздух выделяется водяной пар, то растворенные и взвешенные вещества остаются в концентрате. Если нет никаких других потерь воды, кроме как от испарения, то концентрация твердых веществ в воде будет постепенно возрастать и достигнет опасных значений, при которых начнется интенсивная коррозия и образование накипи. Чтобы сбалансировать состав воды, из циркуляционной системы предусматривается частичный регулируемый сброс. Этот частичный сброс оборотной воды рассчитывается и регулируется таким образом, чтобы удаление твердых веществ происходило с такой же скоростью, что и их попадание в охлаждающую воду с подпиточной водой.

Связь между коэффициентом упаривания и объемом подпиточной воды приведена на рисунке 7.

Частичный сброс оборотной воды, продувка. Поскольку при испарении в воздух выделяется водяной пар, то растворенные и взвешенные вещества остаются в концентрате. Если нет никаких других потерь воды, кроме как от испарения, то концентрация твердых веществ в воде будет постепенно возрастать и достигнет опасных значений, при которых начнется интенсивная коррозия и образование накипи. Чтобы сбалансировать состав воды, из циркуляционной системы предусматривается частичный регулируемый сброс. Этот частичный сброс оборотной воды рассчитывается и регулируется таким образом, чтобы удаление твердых веществ происходило с такой же скоростью, что и их попадание в охлаждающую воду с подпиточной водой.

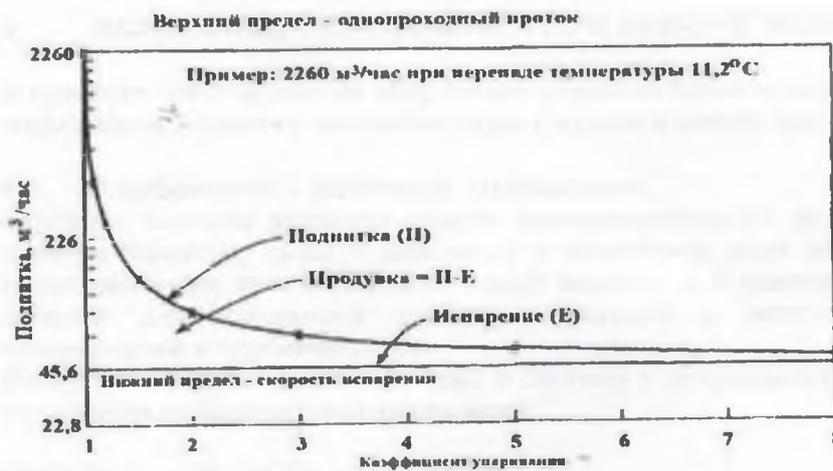


Рисунок 7 – Уменьшение объема подпиточной воды в зависимости от ее концентрирования в системе оборотного водоснабжения [4, с. 288]

Как видно на рисунке 7, даже небольшое упаривание значительно повышает потребность в подпиточной воде. Поэтому для экономичного и безопасного режима эксплуатации УОВ №1 принимается коэффициент упаривания не выше 2,0 %.

В системе также имеются и другие неуправляемые потери воды. К ним относятся каплеунос ( $V_D$ ) и прочие утечки ( $V_L$ ), которые иногда происходят намеренно, однако, обычно нося случайный характер. При расчете полного частичного сброса оборотной воды необходимо учитывать все вышеуказанные потери:

$$V = V_R + V_D + V_L \quad (4)$$

где,  $V$ - потери воды из системы, м³/час

$V_R$  – частичный сброс оборотной воды,

$V_L$  – прочие утечки, м³/час

$V_D$  - каплеунос.

Также, возможен расчет объема продувки по количеству подпитки и коэффициенту упаривания:

$$V = P / K_y \quad (5)$$

где,  $V$  – потери воды из системы, продувка, м<sup>3</sup>/час

$P$  – объем подпиточной воды, м<sup>3</sup>/час

$K_y$  – коэффициент упаривания воды, %

Данные формулы помогают проверить правильность выбора объемов подпитки, продувки и сравнить их с фактическими значениями.

При повышении солесодержания в оборотной воде более 2000 мкСм/см, открывается продувочный клапан и оборотная вода сбрасывается в систему солесодержащих стоков. Расход воды на подпитку регистрируется по прибору. В зависимости от расхода продувочной воды в систему солесодержащих стоков регулируется расход реагента ингибитор коррозии и накипеобразования.

При понижении солесодержания в оборотной воде менее 2000 мкСм/см, продувочный клапан закрывается.

Требования к качеству подпиточной и оборотной воды. В состав подпитки оборотных систем водоснабжения может включаться:

- поступающая в оборот, однократно использованная на производстве, свежая вода (питьевая и техническая);
- стоки сторонних организаций, поступивших в первую систему канализации;
- свежая вода на восполнение недостающего количества подпитки.

Основные требования к качеству используемой воды на всех предприятиях (НиН) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные требования к качеству подпиточной и оборотной воды

| № ПП | Показатели                     | Единицы измерения  | Нормы            |                |
|------|--------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
|      |                                |                    | Подпиточная вода | Оборотная вода |
| 1    | 2                              | 3                  | 4                | 5              |
| 2    | Нефтепродукты, не более        | мг/дм <sup>3</sup> | 1,5              | 5,0 мг/л       |
| 3    | Взвешенные вещества, не более  | мг/дм <sup>3</sup> | 15               | 25мг/л         |
| 4    | Сульфаты, не более             | мг/дм <sup>3</sup> | 130              | 500 мг/л       |
| 5    | Хлориды, не более              | мг/дм <sup>3</sup> | 50               | 300 мг/л       |
| 6    | Общее солесодержание, не более | мг/дм <sup>3</sup> | 500              | 2000 мг/л      |

|   |                                   |                        |         |               |
|---|-----------------------------------|------------------------|---------|---------------|
| 7 | Карбонатная жесткость, не более   | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,5     | 5,0 мг-экв/л  |
| 8 | Некарбонатная жесткость, не более | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 3,3     | 15,0 мг-экв/л |
| 9 | рН                                | единицы                | 7,0-8,5 | 7,0-8,5       |

Как видно из таблицы 4, вся подпиточная и оборотная вода должна отвечать данным показателям. Вода, подаваемая в системы оборотного водоснабжения в качестве подпиточной, должна подвергаться очистке до кондиции, обеспечивающей вышеуказанное качество.

Должен быть предусмотрен местный и дистанционный контроль основных технологических параметров воды (расход, давление, уровень, скорость фильтрации, потеря напора, качественные показатели воды и пр.).

Местный контроль ведется непрерывно с использованием встроенного оборудования прибора кондуктометра, на котором показывается общее количество соледержания и рН (рисунок 8).



Рисунок 8 – Прибор кондуктомер « КВАРЦ -2»

Как видно на рисунке 8, промышленный кондуктометр позволяет измерять и контролировать удельную электропроводность жидкой среды. Их используют для контроля оценки оборотной воды, контроля солей. Бывает контактным и бесконтактным. Промышленные кондуктометры широко

востребованы во время технологических процессов на производствах нефтехимической промышленности. Дополнительно, с целью расширения сфер применения кондуктометры промышленные оснащаются независимым каналом измерения температуры.

Миллисименс (мСм) – единица измерения электрической проводимости и адмиттанса (полной комплексной проводимости), доляная по отношению к сименсу.  $1 \text{ мСм} = 10^{-3} \text{ См}$ . проводимость и адмиттанс – величины, обратные соответственно сопротивлению и импедансу, поэтому сименс- величина обратная ому.

Микросименс (мкСм) – единица измерения электрической проводимости и адмиттанса (полной комплексной проводимости), доляная по отношению к сименсу.  $1 \text{ мкСм} = 10^{-6} \text{ См}$ . проводимость и адмиттанс – величина, обратные соответственно сопротивлению и импедансу, поэтому сименс – величина обратная ому.

$$1 \text{ миллисименс [мСм]} = 1000 \text{ микросименс [мкСм]}$$

Прибор кондуктомер (в комнате реагентного хозяйства) показывает электропроводность в миллисименсах (мСм).

Электропроводность зависит от многих факторов и, в частности, от природы вещества, растворителя и концентрации. Измеряя электропроводность, можно определить содержание различных веществ. Электропроводность жидкой среды определяется с помощью кондуктометров различных конструкций, измеряя электрическое сопротивление слоя жидкости, находящейся между двумя электродами, опущенными в исследуемый раствор.

Кондуктометры позволяют решать многие практические задачи, в том числе для осуществления непрерывного контроля производством.

Для оценки контроля коррозионной ситуации на УОВ №1 каждый отдельный водоблок должен быть снабжен стендом контроля скорости коррозии с возможностью установки минимум двух образцов – свидетелей, снабженный расходомером и регулятором расхода для корректировки скорости потока. Для осуществления процесса измерения скорости коррозии

необходимо обеспечить непрерывную циркуляцию оборотной воды через змеевик с постоянной скоростью. Скорость потока выбирается индивидуально, исходя из условий работы теплообменного оборудования.

Точка установки станда выбирается с учетом максимальной скорости коррозии. Как правило, это трубопровод горячей воды, либо трубопровод холодной воды непосредственно перед вводом ингибитора.

Измерение скорости коррозии осуществляется гравиметрическим методом путем оценки потери массы образцов – свидетелей после определенного времени его экспозиции в оборотной воде. Методы подготовки образцов – свидетелей к испытанию и обработки извлеченных образцов – свидетелей (рисунок 9) принимаются по РД 24.200.16-90.

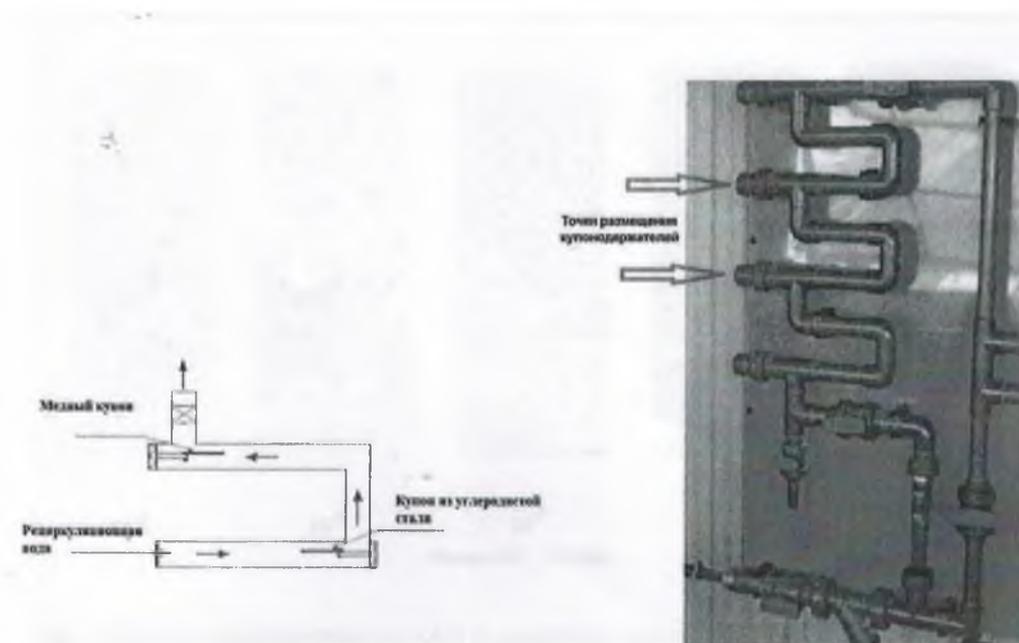


Рисунок 9 – Внешний вид и принципиальная схема станда для измерения скорости коррозии [11, с. 319]

После каждого извлечения образцов – свидетелей составляется протокол коррозионных испытаний, который должен содержать следующую информацию:

- дату закладки и извлечения, длительность экспозиции в сутках;
- расчет убыли массы и расчета скорости коррозии в мм/год;

- описание типа коррозии (общая, локальная и т.д.);
- описание характера отложений на поверхности (накипно-солевые, продукты коррозии, биошлам, биопленка и т.д.);
- внешний вид образца – свидетеля до установки, после извлечения и после удаления продуктов коррозии (методом фотофиксации).

Контроль биозараженности – оценку биозараженности воды и эффективности действия биоцидов проводят по различным желатиновым экспресс-тестам по показателю бактериологической зараженности, выраженной в количестве КОЕ в 1 мл воды по методикам поставщиков реагентов или готовых биотестов (дипслайдов или пластинчатых желатиновых тестов) с обязательным определением общего микробного числа (ОМЧ) и количества сульфатовосстанавливающих бактерии (СВБ).

Микробиологический контроль чистоты поверхности и жидкости проводится с помощью дипслайдов (контактных слайдов). Дипслайды позволяют определять основные санитарно-значимые показатели - ОМЧ и плесневые грибы. Кроме того, с помощью дипслайдов возможно проведение контроля дезинфекции.

Дипслайд представляет собой тест-пластину, на которую нанесен слой готовой агаризованной питательной среды (неселективной или селективной). Пластины находятся в стерильных пробирках с крышками.

Инструкция:

- 1) Снять крышку и вынуть контактный слайд из пробирки.
- 2) При тестировании жидкости – погрузить в жидкость.
- 3) Закрутить крышку и поставить в термостат.
- 4) Учесть результаты по таблице сравнения (рисунок 10).

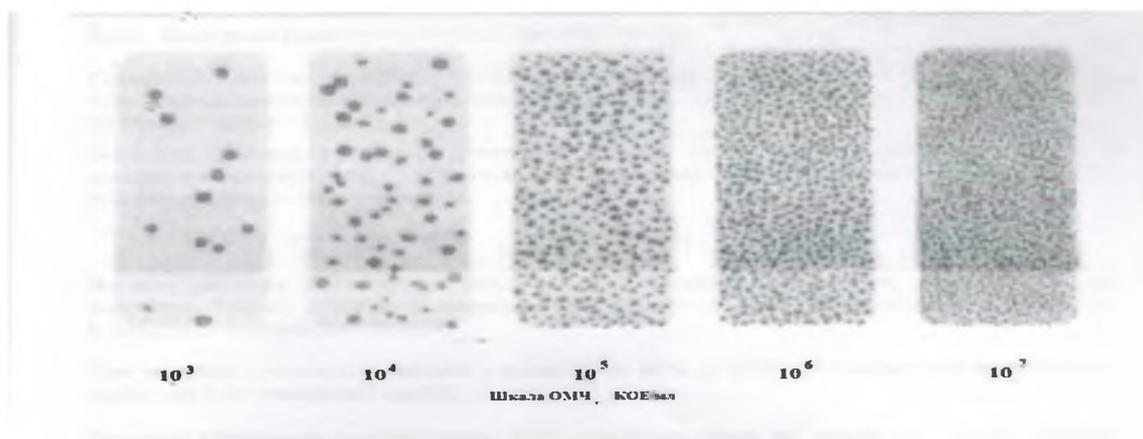


Рисунок 10 – Шкала для определения показателя ОМЧ по дипслайдам с питательной средой [23, с.223]

Основные преимущества:

- легкость, удобство и безопасность использования;
- дипслайды всегда готовы к работе;
- экономичны, срок хранения - более 180 дней;
- результаты на ОМЧ готовы через 24 ч, на дрожжи и плесневые грибы через 48-72 ч.

О достаточной эффективности биоцидной обработки говорит стабилизация микробиологической активности оборотной воды на уровне ОМЧ не более  $10^4$  КОЕ/мл и СВБ не более  $10^2$  КОЕ/мл как усредненное значение показателя за один месяц.

Допускается применение аппаратных (люминометрических) методов мониторинга биозараженности по содержанию в воде аденозитрифосфата. При этом необходимо учитывать, что мониторинг – аденозинтрифосфата не всегда коррелирует с экспресс - тестами и, как правило, позволяет точно определить лишь тенденцию изменения зараженности (ухудшение-улучшение).

Контроль солеотложения и накипеобразования. Главным критерием эффективности работы ингибиторов соледержания и накипеобразования принимается значение транспорта кальция, которое рассчитывается не реже 1 раза в неделю по данным анализов воды.

Величина транспорта кальция показывает степень отклонения

концентрирования солей кальция в оборотной воде от общего концентрирования солей (коэффициента упаривания) и рассчитывается по формуле:

$$T_p(\text{Ca}) = \frac{Ж_{\text{Ca}}^{\text{об}}}{Ж_{\text{Ca}}^{\text{п}} * K_y} * 100\% , \quad (6)$$

где,  $T_p(\text{Ca})$  – транспорт кальция;

$Ж_{\text{Ca}}^{\text{об}}$ - кальциевая жесткость оборотной воды, мг-экв/дм<sup>3</sup>;

$Ж_{\text{Ca}}^{\text{п}}$ - кальциевая жесткость подпиточной воды, мг-экв/дм<sup>3</sup>;

$K_y$  – коэффициент упаривания воды, %.

Во всех расчетах используется показатель коэффициента упаривания, рассчитанного по хлоридам.

Только в случае хлорирования оборотной воды допускается расчет  $K_y$  по показателю электропроводности.

Вывод, при значении транспорта кальция в пределах от 80% до 100% оборотная вода практически стабильна (нет отложений солей).

Значение транспорта кальция выше 100% свидетельствует не только об ингибировании процессов накипеобразования, но и об отмывке уже существующих отложений солей.

Значение транспорта кальция ниже 80% свидетельствует о протекания процессов солеотложения и низкой эффективности защиты.

Таким образом, анализируя показатель транспорта кальция в процессе обработки, можно эффективно управлять дозированием реагента, не допуская снижения  $T_p(\text{Ca})$  ниже 80%.

Автоматизированная система коррозионного мониторинга pH и скорости коррозии (АСКМ). С целью оперативного регулирования дозровок реагентов, непрерывного контроля (мониторинга) скорости коррозии и pH оборотной воды и минимизации человеческого фактора рекомендуется устанавливать АСКМ.

АСКМ является локальной вспомогательной системой мониторинга

коррозионного износа технологического оборудования, не влияющего на рабочие параметры водоблока. Характеристика исходного сырья представлена в таблице 5

Таблица 5 – Обязательные показатели, определяемые в ходе мониторинга эффективности стабилизационной обработки воды [10, с.234]

| № п/п | Показатели         | Единицы измерения | Норма            |                |
|-------|--------------------|-------------------|------------------|----------------|
|       |                    |                   | Подпиточная вода | Оборотная вода |
| 1     | 2                  | 3                 | 3                | 4              |
| 1     | рН                 | единицы           | 7,5-8,0          | 7,5-8,0        |
| 2     | Электропроводность | мкСм/см           | факт             | Не более 2500  |
| 3     | Общая жесткость    | мг-экв/л          | Не более 3,44    | Не более 12    |
| 4     | Общая щелочность   | мг-экв/л          | Не нормируется   | Не нормируется |

Продолжение таблицы 5

|    |   |                    |                |                |
|----|---|--------------------|----------------|----------------|
| 5  | Железо  | мг/дм <sup>3</sup> | Не более 0,5   | Не более 5     |
| 6  | Кальций   | мг/дм <sup>3</sup> | Не нормируется | Не нормируется |
| 7  | Нефтепродукт                                    | мг/дм <sup>3</sup> | Не более 0,05  | Не более 5,0   |
| 8  | Взвешенные вещества                             | мг/дм <sup>3</sup> | Не более 0,25  | Не более 25    |
| 9  | Скорость коррозии углеродистой стали            | м/год              | -              | Не более 0,1   |
| 10 | Скорость коррозии меди и медьсодержащих сплавов | мм/год             | -              | Не более 0,05  |

Как видно из таблицы 5, автоматизированная система коррозионного мониторинга в процессе эксплуатации должна обеспечивать оптимизацию расхода реагентов для стабилизационной обработки воды и снижение скорости коррозионного процесса, биообрастания и солеотложений до оптимальных значений, способствующих увеличению межремонтного пробега и снижению количества инцидентов, связанных с разрушением оборудования и трубопроводов из-за коррозии.

Работающая АСКМ должна обеспечивать:

- непрерывный контроль скорости коррозии;
- непрерывный контроль значения рН среды;
- регулировку подачи химических реагентов;
- визуализацию текущих значений вышеуказанных параметров, а также их запись с возможностью просмотра и распечатки архива данных за любой

период эксплуатации системы.

Наличие системы онлайн мониторинга коррозии не отменяет необходимости лабораторного контроля показателей.

Состав, структура и способы организации данных в АСКМ ингибиторной защитой и коррозионного мониторинга должны быть определены на стадии проектирования.

Состав, структура и способы организации данных в АСКМ ингибиторной защитой и коррозионного мониторинга должны быть определены на стадии проектирования.

Объем системы УОВ№1 – 6500 м<sup>3</sup>. Расход воды на ЭЛОУ-АВТ-12 - 43490 м<sup>3</sup>/ч. Скорость циркуляции (расход м<sup>3</sup>/ч) равен 1812 м<sup>3</sup>/ч. Потребление грунтовой воды на подпитку составил 492 м<sup>3</sup>/сут. Соответственно расход концентрации реагента ингибитора составил 10мг/л подпиточной воды. Основные аналитические параметры, характеризующие водно-химический режим работы УОВ №1 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты лабораторного анализа оборотной и подпиточной воды

| Анализируемый показатель              | Оборотная вода | Подпиточная вода |
|---------------------------------------|----------------|------------------|
| Общая жесткость, мг-экв/л             | 8,4            | 3,6              |
| Жесткость кальциевая (Са), мг-экв/л   | 7,6            | 3,2              |
| Щелочность, мг-экв/л                  | 8,2            | 3,6              |
| рН,ед                                 | 8,92           | 7,64             |
| Удельная электропроводимость, мкСм/см | 864,7          | 388,2            |
| Солесодержание мг/л                   | 433,4          | 194,2            |

Как видно из таблицы 6, химические анализы оборотной воды соответствуют норме по всем показателям. Превышения норм не наблюдается, в связи с чем, можно сделать вывод, что согласно программе комплексной обработки воды, насыщение всей системы идет в норму.

По каждой оборотной системе выполняется лабораторный контроль качества подпиточной и оборотной воды.

Периодичность контроля по каждому показателю – не менее 2 раз в

неделю, в случае обоснования количество анализов по каждому показателю может быть увеличено до ежедневного.

При эксплуатации УОВ №1 были сделаны дополнительные анализы оборотной воды, в связи с увеличением солесодержания в системе оборотного водоснабжения. Результаты анализа приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты лабораторного анализа химических показателей оборотной воды

| Анализируемый показатель            | Оборотная вода | Подпиточная вода |
|-------------------------------------|----------------|------------------|
| Общая жесткость, мг-экв/л           | 10,2           | 3,6              |
| Жесткость кальциевая (Ca), мг-экв/л | 9,5            | 3,2              |
| Щелочность, мг-экв/л                | 8,2            | 3,4              |

Продолжение таблицы 7

|                                       |       |       |
|---------------------------------------|-------|-------|
| рН,ед                                 | 8,9   | 7,56  |
| Удельная электропроводимость, мкСм/см | 998,9 | 388,8 |
| Солесодержание мг/л                   | 499,5 | 186,6 |

Как видно из таблицы 7, анализ результатов солесодержания в оборотной воде контролируется проточным кондуктометром. При повышении солесодержания более 2000 мкСм/см, открывается продувочный клапан, и оборотная вода сбрасывается в систему солесодержащих стоков на очистные сооружения. При открытии клапана, грунтовая вода подается в обе приемные камеры градирни в качестве подпитки. Расход грунтовой воды на подпитку регистрируется прибором.

Реагент ингибитор коррозии и солесодержания дозируется пропорционально расходу грунтовой воды по показателям приборов. При понижении солесодержания на основании данных прибора проточного кондуктометра, когда солесодержание в оборотной воде становится менее 2000 мг/л, продувочный клапан закрывается.

Установка на открытие клапана продувки выставлена на 1000 мкСм (1000 мСм/см), что соответствует солесодержанию  $1000/2 * 1000 = 0,500$  мг/л (грамм/литр). Стоп продувка при 0,800 мСм/см.

В марте 2019 года УОВ №1 был остановлен, в связи с тем, что была необходимость произвести замену всей системы оборотного водоснабжения. После проведения анализов произошло превышение солей жесткости. Большое содержание солей жесткости приводит к образованию отложений на стенках теплообменного оборудования технологических установок. Процесс теплообмена ухудшается, что могло привести к снижению теплообменной аппаратуры и ухудшению ведения технологического процесса, а также увеличение затрат на перекачивание оборотной воды.

Для обеспечения надежности и эффективности эксплуатации оборудования предъявляются требования к качеству воды и такому параметру как жесткость. Жесткость воды определяется содержанием в воде растворенных солей жесткости: кальция и магния, выражается в миллиграммах – эквивалентах на литр.

Жесткость подразделяется на следующие виды:

- жесткость воды общая – сумма карбонатной и некарбонатной жесткости,
- жесткость воды постоянная (некарбонатная) – содержание некарбонатных солей кальция и магния;
- жесткость воды временная (карбонатная) – определяется содержанием в воде гидрокарбоната кальция, который при кипячении образует карбонат кальция и углекислый газ.

Временную жесткость также называют устранимой. Устраняемая жесткость воды, устраняется при кипячении, что связано с превращением бикарбонатов в нерастворимые соединения (монокarbonаты), которые выпадают в осадок.

На данный момент, для того чтобы сбросить оборотную воду, на установке предусмотрены шиберные заслонки, Они играют важную роль, для того чтобы не останавливать весь процесс работы УОВ №1. Можно сбросить часть воды, при этом установка не будет остановлена. УОВ №1 будет по-прежнему охлаждать воду для технологических установок.

Накипь оседает на нагревательные приборы, снижает ресурс работы

оборудования и вызывает перерасход тепловой энергии (таблица 8).

Таблица 8 – Основные требования к качеству оборотной воды [24, с.412]

| № П/П | Показатель                        | Норма          | Фактические |
|-------|-----------------------------------|----------------|-------------|
|       |                                   | Оборотная вода |             |
| 1     | 2                                 | 3              | 4           |
| 1     | Карбонатная жесткость, не более   | 5,0 мг-экв/л   | 9,9         |
| 2     | Некарбонатная жесткость, не более | 15,0 мг-экв/л  | 19,5        |

На основании таблицы 8, можно сделать вывод, что остановка системы и сброс оборотной воды (объем всей системы градирни  $V= 6500 \text{ м}^3$ ) для биологической очистки на очистные сооружения - это верное решение.

Коррозионно-агрессивные соединения в составе воды вызывают коррозию металлов и могут привести к досрочному износу и повреждению оборудования.

В настоящее время существует большое многообразие комплексных ингибиторов накипеобразования и коррозии, которые различаются по механизму действия, химической природе, сфере применения и т.д.

Широкое распространение получили комплексные ингибиторы на основе органических соединений фосфора-фосфонатов.

Одним из преимуществ фосфонатов перед другими реагентами является их способность ингибировать формирование карбонатных осадков при более высоких значениях pH, что позволяет снизить или вовсе отказаться от использования сильных кислот для снижения pH.

Фосфонаты относятся к классу комплексов, молекулы которых содержат много реакционных центров, которые, взаимодействуют с катионами металлов, образуют пяти-, четырех- и восьмичленные циклические соединения – комплексоны, с очень высокой устойчивостью так, что «закомплексованные» катионы металлов надежно выводятся с потоком концентрата и не обнаруживаются в характерных для них реакциях.

С целью предотвращения процессов накипеобразования и коррозии на УОВ №1 применяется комплексный ингибитор ИНЭДИТ 110. Дозировка

составляет 10 г/м<sup>3</sup> подпиточной воды (таблица 9).

Таблица 9 – Наименование реагента и объем доз реагентов

|  |                           |            |            |
|--|---------------------------|------------|------------|
| Наименование показателей                     | Ингибитор ИНЭДИТ 110      | ЭКОХИМ 267 | ЭКОХИМ 268 |
| Объем системы V, м <sup>3</sup>              | 6500                      |            |            |
| Расход подпиточной воды Q, м <sup>3</sup> /ч | 40                        |            |            |
| Режим работы, часов в году                   | 8760                      |            |            |
| Концентрация реагента, мг/л                  | 10                        | 30         | 15         |
| Первоначальное заполнение, кг                | 130                       | 390        | 195        |
| Разовая шоковая дозировка, кг/раз            | в зависимости от под воды | 195        | 97,5       |

Как видно из таблицы 9, реагент ИНЭДИТ 110 является более эффективным, по сравнению с другими реагентами, так как изготовлен на основе органических соединений фосфора-фосфонатов. Преимущество фосфонатов перед другими реагентами является их способность ингибировать формирование карбонатных осадков при более высоких значениях pH, что позволяет снизить или вовсе отказаться от использования сильных кислот для снижения pH.

Определение индексов стабильности Ланжелье и Ризнера. Оценка текущей стабильности воды рекомендуется производить с помощью периодического определения Индекса Ланжелье (LSI, индекс насыщения). На практике он рассчитывается как функция электропроводности, кальциевой жесткости, щелочности pH и максимальной температуры нагрева поверхности:

$$LSI = pH - pH_s, \quad (7)$$

где, LSI – индекс стабильности Ланжелье,

pH<sub>s</sub> (pH насыщения раствора карбоната кальция при данных условиях).

Индекс Ризнера. Для определения коррозионной агрессивности воды по отношению к стали также используется индекс Ризнера (IP), который в

настоящее время наиболее представительный из числа индексов, учитывающих карбонатное равновесие, и равен:

$$IP = 2 \text{ рН}_s - \text{рН}, \quad (8)$$

где, IP – индекс Ризнера,

$\text{рН}_s$  (или  $\text{рН}$  насыщения раствора карбоната кальция), определяется аналогично индексу Ланжелье.

На практике случаи, когда  $LSI=0$  практически не встречаются, так как в любой оборотной системы имеется перепад температур и различие других условий, а, следовательно, будет и изменение индекса Ланжелье в ту или иную сторону. Изменение  $LSI$  надо учитывать при выборе варианта стабилизационной обработки воды.

На основании этих анализов можно сделать вывод:

пример,  $\text{рН}=8,5$ ; температура оборотной воды  $35^{\circ}\text{C}$ ;  $TDS=60$  мл/л (электропроводимость). Жесткость (Ca) = 150 мл/л, Щелочность ( $\text{HCO}_3$ )=160мг/л.

$$\text{рН}_s=(9,3+A+B)-(C+D)=(9,3+0,1+1,8)-(1,8+2,2)=7,2$$

$$\text{Индекс Ланджелье} = \text{рН} - \text{рН}_s = 8,5 - 7,2 = 1,3$$

Интерпретация результатов расчета индексов стабильности Ланжелье и Ризнера, говорит, что значение 1,3 приводит к накипеобразованию.

Основные осложнения при работе УОВ и методы их оценки. В процессе работы систем оборотного водоснабжения и нарушения стабильности оборотной воды можно выделить основные виды технологических проблем.

1. Карбонатно – солевые отложения. Карбонат кальция является самым распространенным видим солеотложения УОВ. Взвешенные частицы, накапливающиеся в оборотной воде теплообменных систем, являются также центрами кристаллизации солей жесткости и одновременно служат цементирующей основой для отложения карбоната кальция и магния на стенках теплообменных поверхностей и трубопроводов.

Бикарбонат кальция, поступающий в систему с природными водами подпитки, при контакте с горячими поверхностями разлагается:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .

Кроме того, в процессе циркуляции на градирнях из оборотной воды улетучивается  $\text{CO}_2$ , равновесие сдвигается в сторону образования менее растворимого карбоната и вода, таким образом, теряет стабильность. Создаются условия для карбонатных отложений, более чем наполовину состоящих из карбоната кальция. В связи с изложенным, жесткость воды должна находиться в пределах 2,0- 7,0 мг-экв/л (оптимально 2,8 – 3,0 мг-экв/л).

Другими источниками солевых отложений являются: фосфаты цинка и кальция, сульфат кальция, окись кремния, силикат магния.

Сульфат кальция образует три вида соединений:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – гипс (стабильный при температуре ниже  $98^\circ\text{C}$ ),  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  (стабильный при температурах  $98-170^\circ\text{C}$ ) и  $\text{CaSO}_4$  (стабильный при температурах свыше  $170^\circ\text{C}$ ). Отложения сульфата кальция очень твердые и практически не удаляются химической очисткой. Растворимость гипса в 40 раз выше растворимости  $\text{CaCO}_3$ . Поэтому отложения сульфата кальция происходят при высоком содержании сульфатов и жесткости воды.

2. Биологическая зараженность воды. Более 50% всех коррозионных повреждений металлических сооружений и коммуникаций в системах оборотного водоснабжения связаны с воздействием микроорганизмов.

В целом, микробиологические загрязнения систем оборотного водоснабжения связаны с благоприятными условиями (оптимальная температура, загрязнение технологическими биогенными продуктами, аэрация воды на градирнях) для образования и развития биоценозов. В состав биоценозов входят: бактерии, водоросли, грибы, актиномицеты, инфузории, черви, коловратки, моллюски. В процессах биокоррозии участвуют микрогрибы, микроводоросли в ассоциации с бактериями. Развитие биошлама увеличивает гидравлическое сопротивление в системе, снижает эффективность теплопередачи и способствует проявлению подшламовой язвенной коррозии.

Сульфатвосстанавливающие и тионовые бактерии способны локально снижать рН воды до 2,0 единиц, что может вызывать быстрое разрушение защитных покрытий под действием образующейся серной кислоты. Зачастую тионовые бактерии и сульфатвосстанавливающие образуют устойчивый биоценоз в системах оборотного водоснабжения (таблица 10).

Как видно из таблицы 10, показателями нормальной работы УОВ №1 являются определенные нормы бактериологической зараженности. Для определения бактериологической зараженности проводят определение общего КОЕ-индекса оборотной воды. Норме соответствует  $10^4$  КОЕ/мл для сульфатвосстанавливающих и тионовых бактерий;  $10^5$  КОЕ/мл – для железобактерий; для биообрастаний - 0,07 г/(м<sup>3</sup>/ч).

Таблица 10 – Взаимосвязь показателей биозараженности с различными типами коррозии [18, с.108]

| № п/п | Биозараженность                              | Допустимый уровень         | Уровень возникновения коррозии | Тип коррозии                                |
|-------|--|----------------------------|--------------------------------|---|
| 1     | 2  | 3                          | 4                              | 6   |
| 1     | Сульфатвосстанавливающие и тионовые бактерии | $10^4$ КОЕ/мл              | $10^5$ КОЕ/мл                  | Снижение рН воды до 2,0 единиц              |
| 2     | Железобактерии                               | $10^5$ КОЕ/мл              | $10^6$ КОЕ/мл                  | Способствует формированию шламовых структур |
| 3     | Биообрастания                                | 0,07 г/(м <sup>3</sup> /ч) | 0,7 г/(м <sup>3</sup> /ч)      | Снижают теплопередачу поверхностей нагрева  |

Бактерии проникая и развиваясь в системе оборотного водоснабжения, поселяются на любой твердой поверхности, соприкасающейся с водой, образуют поселения, называемые обрастаниями. Это вызывает коррозию металлических и бетонных поверхностей, загрязняет воду (таблица 10).

Наибольшей коррозионной активностью обладают сульфатвосстанавливающие (СВБ), нитрифицирующие, тионовые и железобактерии. СВБ в анаэробных условиях, которые создаются под слоем шламовых и солевых отложений, способствуют превращению сульфатов

сульфиды и вызывают питтинговую и язвенную коррозию в условиях действия цинк-хроматных ингибиторов коррозии и окислительных биоцидов.

Железобактерии непосредственного влияния на коррозионный процесс не оказывают, но способствуют формированию шламовых структур на поверхности стали, тем самым провоцируют подшламовую коррозию. Железобактерии эффективно угнетаются как окислительными, так и неокислительными бактерицидами.

Биобрастания, включающие также водоросли, плесень, простейшие организмы, различные группы червей, моллюски, снижают теплопередачу поверхностей нагрева, охлаждения, пропускную способность труб, увеличивают расход энергии на перекачку воды.

3 Мероприятия по улучшению качества работы систем оборотного водоснабжения

3.1 Цель проведения стабилизационной обработки воды и критерии ее эффективности на УОВ №1

Целью проведения стабилизационной обработки воды на УОВ №1 является обеспечение безопасной бесперебойной работы технологического оборудования, контактирующего с оборотной водой, путем предотвращения нежелательных процессов осадкообразования различной природы и коррозии в системах оборотного водоснабжения, а также, повышение экономической работы.

Эти цели достигаются при стабильном соблюдении следующих условий:

- ингибированием оборотной воды для снижения скорости коррозии углеродистой стали до уровня не более 0,1 мм/год;
- биоцидной обработкой для снижения микробиологической активности оборотной воды до приемлемых показателей (ОМЧ не более  $10^4$  КОЕ/мл; сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ) не более  $10^2$  КОЕ/мл как усредненное значение показателя за один месяц;
- введением ингибиторов роста диспергаторов карбонатносолевых отложений для снижения скорости солеотложений (роста накипи) на 80-90% и стабильного поддержания показателя транспорта кальция на уровне не менее 80%;
- поддержанием экономического режима работы УОВ №1, выраженного в обеспечении коэффициента упаривания (по хлорид-ионам) не ниже 2,0.

Ежегодно группой по контролю коррозии, совместно с начальником установки и инженером отдела технического надзора по коррозии на основании ежемесячных отчетов, а также результатов неразрушающего контроля и оценки скорости коррозии по результатам замеров толщин стенок и скорости коррозии образцов-свидетелей готовится аналитический отчет за год по форме, установленной в Обществе Группы.

В ежегодных отчетах должны содержаться выводы об эффективности/неэффективности мероприятий стабилизационной обработки воды, зафиксированы проблемы качества воды (с фотофиксацией проблемных аппаратов, участков), отражены мероприятия для внесения в дефектную ведомость с выполнением в капитальный ремонт, а также, при необходимости, мероприятия по техническому перевооружению и/или модернизации УОВ №1.

Общий вывод об эффективности/неэффективности мероприятий стабилизационной обработки воды делается при достижении следующих показателей:

- колебания коэффициента упаривания оборотной воды не более 20%;
- скорости коррозии образцов-свидетелей из углеродистой стали не превышает 0,1мм/год, латунных – не более 0,05 мм/год;
- бактериологическая зараженность по показателям ОМЧ и СВБ не превышает  $10^4$  и  $10^2$  КОЕ/мл соответственно;
- качество оборотной воды соответствует нормируемым значениям;
- дозировка реагентов соответствует рекомендациям поставщика на протяжении всего периода пробега;
- тепловая нагрузка на теплообменное оборудование не превышает указанные в проекте рабочие значения.

Применение системы оборотного водоснабжения нефтеперерабатывающего завода имеет как положительные, так и отрицательные стороны.

Большим преимуществом системы оборотного водоснабжения нефтеперерабатывающего завода является уменьшение количества отработанной воды, сбрасываемой в водоемы, снижающее загрязнение водоемов нефтепродуктами, попадающими в сточные воды.

Все эти проблемы тесно связаны между собой и программы обработки оборотной воды учитывают их комплексное решение. Задача реагентной обработки – предотвратить выпадение солей жесткости и отложение

микробиологических загрязнений в теплообменном оборудовании, а также обеспечить коррозионную защиту оборудования водооборотных циклов.

Решение экологических проблем при эксплуатации установок на нефтеперерабатывающих предприятиях, предполагает установление на нефтехимическом предприятии оборудования отвечающего требованиям концепции «Зеленой» экономики.

Концепцию «зеленой» экономики нужно рассматривать как модель, которая нацелена на социальное развитие и экономический рост преимущественно за счет интенсивных факторов без ущерба для природных ресурсов и без роста уровня загрязнения окружающей среды.

При осуществлении работ, предусмотренных настоящими Методическими указаниями необходимо соблюдать требования охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды, предусмотренные нормативными правовыми и техническими актами Российской Федерации и Инструкцией «НК «Роснефть».

Работы и мероприятия, проводимые с использованием реагентов, сопряжены со следующими рисками:

- нанесение ущерба здоровью работников при работе на опасных производственных объектах и обращении с токсическими химическими реагентами;
- загрязнение окружающей среды химическими реагентами, образующимися при обслуживании дозирочных установок.

Снижение перечисленных рисков возможно только при строгой трудовой и производственной дисциплине всех работников, своевременном и полном обучении работников безопасному обращению с реагентами.

На современных нефтеперерабатывающих заводах вода используется для производственных, и противопожарных целей. Учитывая, что в производственных процессах нефтепереработки вода является прямым технологическим агентом и прекращение подачи воды в процесс вызывает его нарушение, все системы водоснабжения нефтеперерабатывающих заводов

должны быть высоконадежными и должны обеспечивать бесперебойную подачу воды потребителям в необходимом количестве и требуемого качества. В зависимости от качества воды в источнике водоснабжения и назначения водопровода следует предусматривать различную степень и методы водоочистки [17, с.326].

### 3.2 Преимущества системы оборотного водоснабжения

Для роста бактериальных колоний, необходимы следующие составляющие:

- источник органического или неорганического углерода;
- окисляемый субстрат – соединения двухвалентного железа, газообразный водород, аммиак, восстановленные соединения серы, органические вещества;
- окислитель – растворенный кислород, нитриты, нитраты;
- оптимальные значения температуры и pH.

Допустимой считается скорость развития и биологических обрастаний теплообменных аппаратов и трубопроводов в оборотной воде не выше  $0,07 \text{ г}/(\text{м}^3/\text{ч})$ , что эквивалентно скорости нарастания слоя биопленки  $0,05 \text{ мм}/\text{месяц}$ .

Для частичного удаления карбонатных отложений и биологических обрастаний допускается периодическая очистка механическим способом или гидропневматической промывкой. При механическом способе поверхности теплообмена очищают пружинными ножами и скребками, а также деревянными или резиновыми шарами, транспортируемыми по трубопроводу под давлением воды. Отложения и некоторые виды обрастаний гидробиологического происхождения можно удалять со стенок труб и холодильников промывкой либо промывкой совместно с продувкой воздухом. Промывку проводят той же водой, которая постоянно циркулирует в системе при скорости в  $2,5 - 4,0$  раза превышающей скорость обычной циркуляции.

Для предотвращения интенсивного биологического обрастания необходимо проведение мероприятий по ограничению содержания органических веществ (включая нефтепродукты) и соединений биогенных элементов (азота, фосфора), являющихся питательной средой для микроорганизмов, вносимых в систему со свежей водой.

Другим эффективным методом устранения биообрастаний, образующихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, является обработка воды биоцидами окисляющего и неокисляющего типа. Дозы и периодичность обработки определяют на основании лабораторных исследований оборотной воды. При выборе типа биоцида необходимо учитывать возможные ограничения по составу сточных вод (содержание азота, фосфора, галогенов, катионов металлов и др.).

Негерметичность системы, потери воды. Контролируемые и неконтролируемые потери оборотной воды – имеют ключевое значение при организации экономичного и безопасного режима стабилизационной обработки воды. В процессе эксплуатации узла оборотного водоснабжения потери происходят за счет каплеуноса, испарения, прямоочного слива части оборотной воды в канализацию при охлаждении насосного оборудования и утечек в местах разгерметизации. Кроме этого, организуется непрерывный или периодический частичный сброс оборотной воды с целью ее обновления (продувка). Продувка осуществляется для компенсации роста концентрации растворенных веществ. Объем продувки рассчитывается таким образом, чтобы удаление примесей происходило с такой же скоростью, что и их попадание с подпиточной водой.

Критерием необходимости продувки служат результаты мониторинга качества оборотной воды, в случае превышения любого из контролируемых показателей проведение продувки обязательно. Исключением составляют некоторые водооборотные циклы с градирнями вентиляторного типа, на которых роль продувки выполняет активный каплеунос, за счет которого из системы с водой выводятся соли.

Часто вода их системы теряется при утечке через уплотнения насосов или клапанов; при использовании оборотной воды для прямоточного охлаждения сальников насосов, рубашек компрессоров или подшипников; при ее отборе для мойки оборудования и полов [9, с.112].

Критерием операционной эффективности работы установки принимается показатель коэффициента упаривания (по хлоридам), равный отношению содержания хлоридов в оборотной воде к содержанию хлоридов в подпитке. Минимально допустимым для работы установки принимается коэффициент упаривания ( $K_u = 2,0$ ).

На ООО «РН-Туапсинском НПЗ» возможны нецелевые потери, которые делают невозможным достижение коэффициента упаривания выше 1,5-2,0 %, что создает ограничение при выборе экономически эффективных программ химической обработки воды и не способствует ее экономии. Подобные потери необходимо полностью исключать, для чего необходимо разрабатывать мероприятия по повышению герметичности УОВ №1.

Цель проведения стабилизационной обработки воды и критерии ее эффективности на УОВ. Реализация современной технологии реагентной обработки оборотной охлаждающей воды включает в себя выполнение следующих обязательных этапов:

- выполнение работ по диагностики водооборотной системы, включая оценку материального баланса воды;
- разработка индивидуальной комплексной программы по обработке оборотной воды в соответствии с результатами диагностического обследования водооборотной системы;
- разработка технологии обработки оборотной воды;
- поставка реагентов и установок для стабилизационной обработки оборотной воды;
- выполнение работ по контролю оптимального водно-химического режима УОВ №1.

Основной системой, обеспечивающей производственное

водопотребление, является система оборотного водоснабжения. Многократное использование воды в системе оборотного водоснабжения резко снижает количество свежей воды, потребляемой заводом, и количество сточных вод, сбрасываемых заводом в водоем.

Благодаря уникальным свойствам, вода широко применяется в промышленности как рабочее тело. Ее обработка после использования (очистка, охлаждение) дает возможность создать водоснабжение оборотное с многократным применением. За счет этого водопотребление значительно снижается, а также предупреждается загрязнение окружающей среды. В результате создаются комфортные условия для проживания людей.

Применение системы оборотного водоснабжения предприятия имеет целый ряд преимуществ:

- резкое снижение вредных выбросов: система оборотного водоснабжения позволяет резко сократить объемы сброса загрязненной воды в окружающую среду, что позволит избежать выплат штрафных санкций за нарушение норм действующего экологического законодательства;
- снижение фактического водопотребления – повторное многократное употребление воды позволяет сократить ее количественное использование в десятки раз. Это как никогда актуально для предприятий, которые располагаются в маловодных регионах. Экономический эффект особенно показателен в тех случаях, когда промышленное предприятие находится на большом расстоянии от водоема (источника водоснабжения). В этом случае приходится создавать целую систему насосных станций, чтобы обеспечить подачу воды, что влечет значительные затраты на оплату используемой электроэнергии;
- продление срока эксплуатации оборудования – вода, которая циркулирует в станции оборотного водоснабжения, проходит максимальную очистку от механических и химических примесей. Использование заборной воды требует её специальной предварительной подготовки, ведь в противном случае внутри на стенках теплообменников

и трубопроводов может начаться образование кальцинированных наростов (отложений), что в дальнейшем может привести не только к снижению производительности оборудования, но и стать причиной его поломки. Непрерывная водоподготовка заборной воды ведет к увеличению расходов, а отказ от неё – к расходу на техническое обслуживание и ремонт оборудования. Именно поэтому обратное водоснабжение это способ обеспечить оптимальные условия для функционирования промышленного оборудования;

- сокращение потерь ценных компонентов, которые попадают в воду во время производственного процесса. Обратное водоснабжение дает возможность извлечь их и употребить повторно в целях производства.

Наиболее перспективный вариант сокращения потребления воды - замкнутые системы обратного водоснабжения. Обратная вода в системе обратного водоснабжения проходит очистку специальными реагентами и используется повторно. В связи с этим потребность в грунтовой воде снижается в несколько раз. Ответственное отношение к экологии и рациональному использованию ресурсов. Отсутствие штрафов за грязные стоки.

Процесс внедрения обратного водоснабжения должен начинаться с анализа технологических процессов на предприятиях. Проект системы учитывает базовые особенности и нюансы функционирования производства. Замкнутая сеть обратного водоснабжения экономична и безопасна для экологического состояния окружающей среды.

## Заключение

По прогнозу устойчивости ООО «РН-Туапсинский НПЗ» в полной мере осознает свою ответственность перед обществом, нынешним и будущими поколениями граждан за сохранение благоприятной экологической обстановки на территории производственной деятельности холдинга. Бережное отношение к окружающей среде, рациональное использование природных ресурсов, защита здоровья персонала и населения в регионах присутствия относятся к числу безусловных приоритетов Компании. Компания постоянно ведет экологический мониторинг промышленных объектов для получения оперативной информации о состоянии окружающей среды и степени воздействия на нее.

Для организации контроля работы систем оборотного водоснабжения в схемах необходимо предусматривать расходомерные устройства, которые следует располагать на основных трубопроводах систем оборотного водоснабжения; на трубопроводах подпиточной воды; на трубопроводах принудительной продувки; перед фильтрами.

В результате проведенных исследований установки оборотного водоснабжения УОВ №1 и проведения анализа качества оборотной воды, можно сделать выводы:

- в процессе эксплуатации УОВ №1 на ООО «РН-Туапсинский НПЗ», при охлаждении оборотной воды происходят не существенные испарения в системе охлаждения с не значительными выбросами в атмосферу. Фактическое их содержание в м<sup>3</sup> определяется в мг 2,037 в текущем режиме измерения, однако за год эти выбросы составляют от 0,5 до 6 тонн;
- установлено, что при возрастании концентрации общего солесодержания в оборотной воде до 1000 мг/дм<sup>3</sup> и более возникают благоприятные условия для развития микроорганизмов;
- сульфатвосстанавливающие и тионовые бактерии способны локально

снижать рН воды до 2,0 единиц, что может вызывать быстрое разрушение защитных покрытий под действием образующейся в результате окислительно-восстановительных процессов серной кислоты;

- железобактерии способствуют формированию шламовых структур на поверхности стали, тем самым провоцируют подшламовую коррозию;
- при определенных условиях допустимым считается скорость развития биологических обрастаний теплообменных аппаратов и трубопроводов в оборотной воде не выше 0,07 г/(м<sup>3</sup>/ч), в случае увеличения этого показателя до 0,7 г/(м<sup>3</sup>/ч) необходимо применение реагентов;

Для решения обнаруженных проблем и потерь оборотной воды можно предложить следующие мероприятия:

- с целью предотвращения процессов накипеобразования и коррозии на УОВ рекомендуется применение комплексного ингибитора ИНЭДИТ 110, который в результате испытаний проявил наибольшую эффективность по сравнению с ранее применяемыми препаратами ЭКОХИМ 267 и ЭКОХИМ 268.

## Список использованной литературы

1. Амиров, Я.С., Сайфуллин, Н.Р. Гимаев, Р.Н. Техничко-экономические аспекты промышленной экологии. Защита водоемов. – Уфа.: Изд-во УГНТУ, 2009. – 239 с.
2. Атанов, Н.А.оборотное водоснабжение нефтеперерабатывающего завода. – Самара, 2002. – 421 с.
3. Берман, Л.Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. – М.: Госэнергоиздат, 2000. – 314 с.
4. Голицын, А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – М.: ОНИКС, 2007. – 336 с.
5. Дуганова, Г.В. Охрана окружающей природной среды. – К.: Высшая школа, 2007. – 286 с.
6. Коршак, А., Шаммазов, А. Основы нефтегазового дела. – Уфа: Полиграф, 2009. – 451 с.
7. Клевцов, А.В. Радин, В.П. Федорович, Л.А. Расчет градирни / под ред. И.Н. Тамбиевой. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 72 с.
8. Лавров, С.Б. Глобальные проблемы современности: часть 1. – СПб.: СПб ГУПМ, 2008. – 356 с.
9. Маврищев, В.В. Основы экологии. – М.: Выш.шк., 2009. – 416 с.
10. Пономаренко, В.С., Арефьев, Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 516 с.
11. Промышленная экология / под ред. В.В. Денисова. – М.: «МарТ», Ростов н/Д, 2007. – 720 с.
12. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 672 с.
13. Порядина, А.Ф. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. – М.: «Прибой», 2009. – 312 с.
14. Рудин, М.Г, Арсеньев, Г.А, Васильев, А.В. Общезаводское хозяйство нефтеперерабатывающего завода. – М.: ХИМИЯ, 2010. – 312 с.

15. Романенков, П.Г., Курочкина, М.И. Процессы и аппараты химической промышленности. – Л.: Химия, 2006. – 412 с.
16. Радионов, А.И. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 2007. – 245 с.
17. Степановский, А.С. Общая экология. – Курган: Зауралье, 2001. – 464 с.
18. Топлов, С.М. Эксплуатация, модернизация и ремонт оборудования в нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Энергия, 2007. – 215 с.
19. Нефтегазовое строительство / под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: ОМЕГА-Л, 2005. – 774 с.
20. Нефтеперекачивающие станции / А.А. Коршак. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 269 с.
21. Чернова, Н.М., Былова А.М. Экология. – М.: Просвещение, 2001. – 272 с.
22. Хван, Т.А. Основы экологии. – Ростов н/Д.: «Феникс», 2001. – 256 с.
23. Экология / Л.В. Передельский., В.И. Коробкин., О.Е. Приходченко. – М.: Проспект, 2007. – 512 с.
24. Экология, окружающая среда и человек / Ю.В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. – 736 с.
25. Яковлев, С.В., Стрелков А.А. Охрана окружающей среды. – М.: АСВ, 1998. – 256 с.