

УДК 628.34

ТОЙГОЖИНОВА А.Ж. – PhD, ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

ШУЛЬЦ В.А. – к.т.н., ассоц. профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

ТАНКИБАЕВА А.С. – магистрант (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация

В статье рассмотрены самые основные этапы подготовки питательной воды для котельных установок с целью предотвращения образования накипи и коррозии. Для предотвращения образования накипи используются разные реагенты. В качестве реагента используем HYDROCHEM, разработанной фирмой ООО «Гидротехинжиниринг». Выбор наиболее эффективной программы очистки воды очень часто определяется конструкцией системы и химическим составом, используемой воды. Благодаря практике, специалисты ООО «Гидротехинжиниринг» обладают большим опытом применения вышеописанных технологий, что позволяет им более точно находить наилучшее оптимальное решение проблемы. Был сделан вывод, что первоначальная очистка воды в сочетании с химической программой внутренней очистки воды позволит поддерживать оптимальный водохимический режим работы котлов, снижая затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Ключевые слова: очистка воды, предотвращение накипи и коррозии, котельные установки, Hydrochem удаление механических примесей, умягчение воды, деминерализация.

Введение.

Актуальность работы заключается в применение реагентов для предотвращения образования накипи при процессах подготовки питательной воды для котельных установок. Котлы являются очень распространенным в нашей стране из-за своего географического положения с длинными периодами холодной погоды. Работа котла зависит от его автоматизации, качество сырья и воды. Вода является основным носителем приемником и тепловой энергии, которая ставит очень высокие требования на его качество. Качество воды для котельных систем, установленных на уровне, который обеспечивает более безопасную и эффективную работу котла с минимальным риском коррозии и отложений [1].

Подготовка питательной воды для теплоэнергетических целей осуществляется согласно специальным требованиям: все паровые котлы с естественной и многократной принудительной циркуляцией производительностью 0,7 т/ч и более, все паровые прямоточные котлы независимо от производительности, а также все водогрейные котлы должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды. Не допускается подпитка сырой водой котлов, оборудованных устройствами для докотловой обработки воды. Выбор способа обработки воды для питания котлов должен проводиться специализированной организацией.

Вода является универсальным растворителем и в то же время недорогим теплоносителем жидкости, однако также может привести к повреждению парового или водогрейного котла. В первую очередь, риски связаны с наличием в воде различных примесей. Чтобы предотвратить и решить проблемы, связанные с работой котельного оборудования можно, только если ясно понимать их причин.

Основная часть.

Водоподготовка котлов современными методами и технологиями обеспечивает долгую и успешную жизнь котельному оборудованию, выгодное использование средств, за исключением постоянного технического контроля и обслуживания, как это предотвращает повреждение в отношении качества питательной воды [2, 3]. В таблице 1 указаны требования к питательной воде.

Таблица 1 – Показатели качества питательной воды и пара по ГОСТ 20995- 75 Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 МПа [4]

Показатель	Системы теплоснабжения					
	Открытая			Закрытая		
	Температура сетевой воды, $^{\circ}\text{C}$					
	115	150	200	115	150	200
Прозрачность по шрифту, см, не менее	40	40	40	30	30	30
Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг, при рН 8,5	Не допускается			По расчету ОСТ 108.030.47-81		
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг	50	30	20	50	30	20
Содержание соединений железа, мкг/кг	300	300/250	250/200	600/500	500/400	375/300
Значение рН при 25°C	от 7,5 до 8,5			от 7 до 11		

Водоподготовка для систем отопления и горячего водоснабжения включает в себя следующие этапы:

1) этап предварительной обработки воды:

- механическая фильтрация и удаление железа из подпиточной воды. Грязь, песок и железо, попадающие в систему с подпиточной водой, приводят к возникновению отложений: в трубах, радиаторах и теплообменниках, в местах с низкой скоростью циркуляции воды; к повреждению и выходу из строя насосов, клапанов и задвижек, а также к развитию скрытой коррозии, которая приводит к постепенному разрушению системы;
- умягчение подпиточной воды отопительных систем и водогрейных котлов;
- двухступенчатое умягчение или деминерализация для паровых котлов;
- значительно реже на данном этапе также решают проблемы снижения щелочности, удаление углекислоты (декарбонизацию) [3, 4].

Типовая схема химводоподготовки воды для котлов с помощью ионообменных фильтров представлена на рисунке 1.

Очень часто с солями жесткости в воде, содержащей соединение железа, суспензии или эмульсии, которые также негативно влияют на работу котла, но больше портят работу фильтра умягчителя, так схема фильтра устранения железа (отбелитель) или более, в зависимости от целей. Если нет такого загрязнения, этот фильтр может отсутствовать.

Частичное обессоливание воды происходит при ее умягчении методами Н-Накалионирования, Н-катионирования с голодной регенерацией, Н- катионирования на слабокислотном катионите [5]. В этих процессах происходит извлечение солей жесткости

и частичная их замена на катион водорода, который разрушает бикарбонат-ионы с последующим удалением образовавшегося газа из воды. Степень обессоливания соответствует количеству удаленного CaCO_3 .

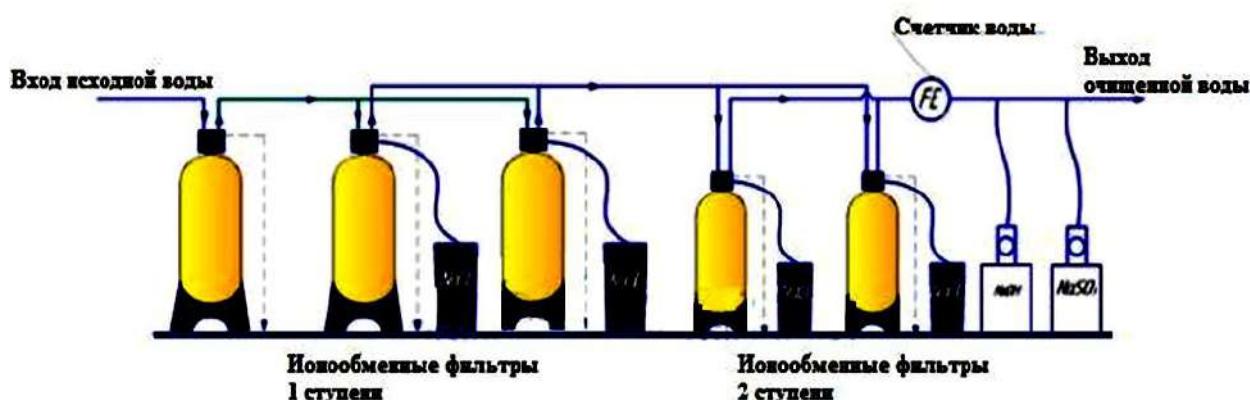


Рисунок 1 – Типовая схема химподготовки воды для котлов с помощью ионообменных фильтров

При глубоком обессоливании из раствора удаляются все макро- и микроэлементы, т.е. соли и примеси. Степень очистки раствора по каждому макроэлементу (катиону и аниону) зависит от степени их сродства к данному иониту, т.е. от расположения в рядах селективности. Подбирая иониты, степень их регенерации и количество ступеней очистки, можно добиться необходимой глубины очистки воды практически любого исходного состава [6, 7, 8].

Достигаемый при Na -катионировании глубокий эффект умягчения добавочной воды положительно сказывается на уменьшении кальциевого и магниевого накипеобразования в теплообменной аппаратуре.

Одноступенчатый ионообменной может достичь остаточного значения жесткости порядка 0,1-0,5 мг-экв/л, в зависимости от начальной жесткости воды [5, 8].

2) этап химической обработки воды.

Правильный выбор химической программы коррекции котловой воды позволяет предотвратить и остановить коррозию и образование накипи и отложений в системе и является необходимым условием долговечной и экономной работы любого котлового агрегата.

На рисунке 2 приведена типовая технологическая схема водоподготовки для парового котла с деаэратором, включая дозирование химикатов «HYDROCHEM» для обработки и коррекции котловой воды.

Удаление механических примесей. Для удаления осаждаемых (песок, окислы железа, соли CaCO_3 и другие тяжелые частицы) и взвешенных частиц используются механические фильтры различных конструкций. При незначительных механических загрязнениях (до 5,0 мг/л), можно устанавливать компактные фильтры картриджного типа (сменные или промывные), основные достоинства которых малые габариты, высокие скорость и глубина фильтрации [8, 9].

При содержании в воде взвешенных частиц более 15 мг/л, целесообразно осуществлять фильтрацию на напорных фильтрах с комбинированным слоем (песок + антрацит). Отфильтрованные частицы, по мере необходимости, удаляются из слоя противоточной промывкой. В наиболее сложных ситуациях, при наличии коллоидных примесей применяют коагуляцию и флокуляцию с последующим отстоем и фильтрацией на напорных фильтрах [3]. Типовая технологическая схема водоподготовки для парового котла представлена на рисунке 2.

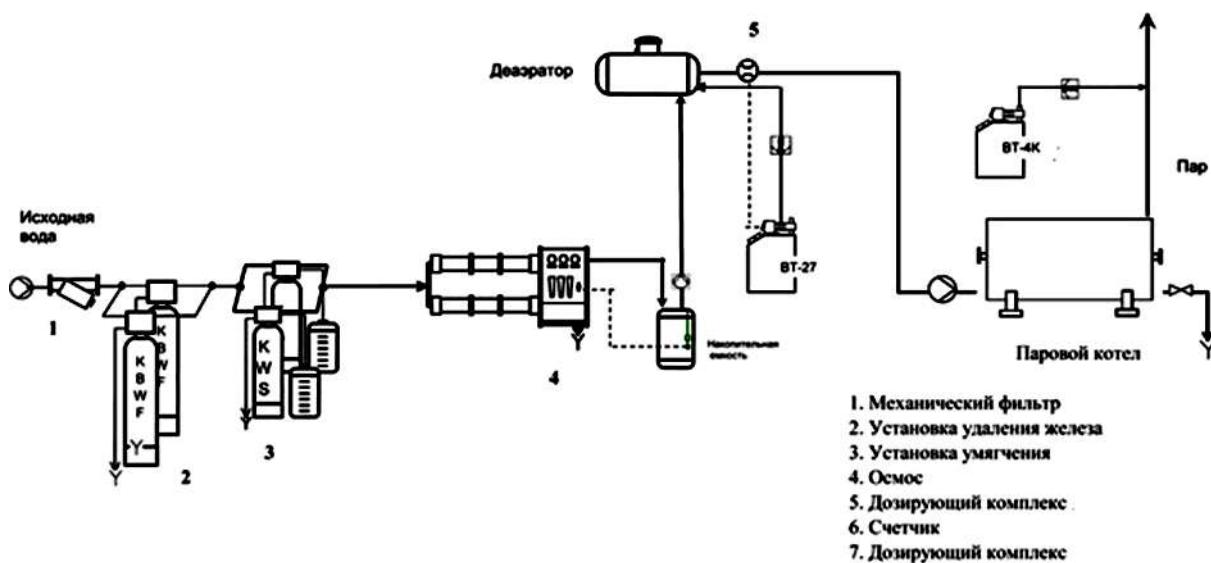


Рисунок 2 – Типовая технологическая схема водоподготовки для парового котла

Удаление соединений железа. Ионная форма и количественное содержание железа обусловлены источником водоснабжения. Наибольшая концентрация растворенного железа присутствует в подземных водах из артезианских скважин, где оно представлено в виде бикарбонатного закисного железа $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ [10].

Как правило, используется один или комбинация из ниже перечисленных методов удаления железа:

1. аэрация с последующим фильтрованием;
2. окисление с последующим фильтрованием;
3. окислительные фильтры, регенерируемые или нерегенерируемые;

Метод обезжелезивания, в каждом конкретном случае определяется исходя из ионного баланса соединений железа, а также эксплуатационных и технологических возможностей/требований комплекса водоподготовки [1, 4].

Деминерализация. Снижение солесодержания в воде (деминерализация) в настоящее время чаще всего решается методом обратного осмоса. Деминерализация позволяет снизить солесодержание подпиточной воды, что приводит к отсутствию накипеобразования и существенного уменьшения количества продувок в паровых котлах.

При деминерализации из воды удаляются практически все минералы, и на выходе получается вода очень высокого качества, практически не содержащая растворенных твердых веществ. Такая вода используется в котлах с очень высоким давлением (до 170 атм).

Естественная защита от коррозии. Вода, заполняющая систему, при нагревании реагирует с металлом, образуя слой магнетита, защищающий от коррозии. Это явление представляет собой естественный (природный) механизм защиты от коррозии. Однако образовавшийся слой магнетита удерживается на поверхности металла лишь при определенных условиях. Важным фактором, влияющим на устойчивость защитного слоя, является водородный показатель (рН) воды. Для поддержания устойчивого слоя магнетита на поверхности металла рекомендуется, чтобы рН воды в системе был в пределах 9,5-10. При низких значениях рН кристаллы магнетита отрываются от поверхности металла и начинают циркулировать по системе, образуя шлам черного цвета, который приводит к эрозии поверхностей теплообменников, насосов и труб, а также ко всем другим отрицательным последствиям, связанным с образованием шлама. Очень важно

поддерживать целостность слоя магнетита, так как в местах разрыва или отсутствия слоя поверхность металла будет открыта для воздействия кислорода, что приведет к коррозии. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что очень важной является химическая обработка воды в системе, позволяющая поддерживать условия, исключающие возникновение и развитие коррозии, и таким образом гарантирующая долгий срок службы системы.

Контроль pH. Химическая обработка воды в системе должна выполняться таким образом, чтобы поддерживать оптимальный уровень pH. Для контроля pH в сетевую воду добавляются различные реагенты. Для повышения pH может быть использован гидроксид натрия.

При выборе оптимального уровня pH следует учитывать, что муниципальная система теплоснабжения состоит из множества различных материалов: сталь, медь, латунь, нержавеющая сталь и пластик. Иными словами, значение pH должно быть таким, чтобы обеспечить условия отсутствия коррозии материалов, составляющих систему. Для систем, полностью состоящих из стали, pH должен быть в диапазоне 8,8-9,6. Значение pH в системе никогда не должно быть выше 10,0, выше этого уровня начинается вымывание цинка из латуни и разрушение этого материала, а, следовательно, частей системы, изготовленных из него. Таким образом, водородный показатель воды в системе должен постоянно контролироваться. В своей практике ООО «Гидротехинжиниринг» использует дозирующие комплексы с автоматическим контролем уровня pH.

Защита от накипи в котлах. Цель обработки – исключение проблем, которые могут создавать даже малые количества растворенных и взвешенных примесей. Образование накипи происходит вследствие разложения бикарбонатов кальция и магния при воздействии высокой температуры. Наличие накипи на поверхностях теплообмена приводит к снижению эффективности работы котлов, образованию участков с очень высокой температурой, перегреву и выходу жаровых трубок из строя.

Даже использование подготовленной (удаление взвешенных частиц, удаление железа, умягчение) питательной воды хорошего качества (общей жесткости 0,002-0,02 мг-экв/л) не решит проблему накипеобразования. Для предотвращения образования накипи ООО «Гидротехинжиниринг» уже на протяжении многих лет использует следующие реагенты.

HydroChem 119 – это комплексный жидкий химический продукт, применяемый для контроля процессов коррозии и накипеобразования в котлах низкого и среднего давления. Применяется для котлов, которые подпитываются деминерализованной водой. $T_{\max}=300^{\circ}\text{C}$, $P=40$ атм.

Свойства:

HydroChem 119 – химический реагент, изготовленный из фосфатов щелочной природы, диспергентов, полимеров. HydroChem 119 обладает следующими свойствами:

1. связывает имеющиеся ионы соли жесткости и железа;
2. препятствует образованию труднорастворимых осадков, размягчает шлам, который легко удаляется во время продувок;
3. способствует созданию равномерной защитной пленки на поверхности металла;
4. регулирует щелочность в пределах, вызывающих наименьшую коррозию;
5. связывает углекислоту;
6. предотвращает вспенивание и унос котловой воды даже при сильной загрузке котла.

HydroChem 140 применяется для связывания остаточного растворенного кислорода и предотвращения кислородной коррозии в ходе эксплуатации паровых и водогрейных котлов низкого и среднего давления [5].

Свойства:

HydroChem 140 – обеспечивает связывание остаточного растворенного кислорода питательной воды:

1. быстро связывает растворенный в воде кислород;
2. не влияет на качество пара;
3. жидкий химический продукт, удобен в использовании;
4. простой контроль по остатку сульфитов в котловой воде;

HydroChem 160 – комплексный реагент для коррекционной обработки воды в паровых котлах и теплосистемах. HydroChem 160 используется с целью снижения коррозии и накипеобразования в котлах низкого и среднего давления.

Свойства:

HydroChem 160 – это продукт, основу которого составляют фосфаты, катализированный сульфит и щелочь. HydroChem 160 является нетоксичным, экологически чистым препаратом. Он применяется для контроля процессов коррозии и накипеобразования в котлах низкого и среднего давления, и обладает следующими свойствами:

1. предотвращает накипеобразование на теплообменных поверхностях;
2. связывает остаточный растворенный кислород;
3. нейтрализует угольную кислоту и регулирует щелочность в пределах, вызывающих наименьшую коррозию;
4. поддерживает растворимость соединений кремнекислоты на максимальном уровне, обеспечивая соотношение кремнекислоты и щелочности (SiO_2/m) в необходимом диапазоне, этим предотвращается образование силикатной накипи;
5. способствует условиям создания и поддержания защитной магнетитной пленки на поверхности металла.

HydroChem 524 – комплексный реагент для коррекционной обработки воды в паровых котлах и теплосистемах. HydroChem 524 используется с целью снижения коррозии и накипеобразования в котлах низкого и среднего давления.

Свойства:

HydroChem 524 – это продукт, основу которого составляют полифосфаты и дисперсант. HydroChem 524 является нетоксичным, экологически чистым препаратом. Он применяется для контроля процессов коррозии и накипеобразования в котлах низкого и среднего давления, и обладает следующими свойствами:

1. предотвращает накипеобразование на теплообменных поверхностях;
2. поддерживает растворимость соединений кремнекислоты на максимальном уровне, обеспечивая соотношение кремнекислоты и щелочности (SiO_2/m) в необходимом диапазоне, этим предотвращается образование силикатной накипи;
3. способствует условиям создания и поддержания защитной магнетитной пленки на поверхности металла [5].

HydroChem 710/100 – жидкий ингибитор коррозии, комплексный реагент на органической основе, предназначен для обработки паровых котлов для защиты всех поверхностей.

Данный химический продукт защищает теплопередающие поверхности от кислородной коррозии и пассивирует их. Используется для паровых котлов с давлением до 140 атм и температуры 550 °C.

Свойства:

Это полностью органический ингибитор коррозии анодного типа на полиаминовой основе. Активным компонентом является катализированный диэтилгидроксиамин (DEHA), который быстро и полностью связывает остаточный кислород начиная с питательного тракта и на всем протяжении паровой системы. HydroChem 710/100 создает условия для формирования прочной пассивационной пленки на стальных и медных

поверхностях. Нейтрализует углекислоту, не повышает солесодержание, не вызывает коррозию медьсодержащих сплавов.

Преимущества:

1. благодаря жидкой форме легок в использовании;
2. не увеличивает солесодержание воды;
3. не формирует дополнительный шлам в котле;
4. не корродирует медь и медьсодержащие сплавы;
5. низкие дозировки.

Рекомендации по дозированию:

1. для постоянного дозирования рекомендуемая доза от 3 до 7 мг/л. Оптимальной дозировкой считается 5 мг/л (5 г/м³).

2. для пассивации поверхностей (при консервации или промывке)- от 50 до 100 мг/л.

Для химической обработки воды применяется современное дозирующее оборудование ведущих мировых производителей, обеспечивающее бесперебойное дозирование продуктов пропорционально расходу воды.

Выбор наиболее эффективной программы обработки воды в значительной степени определяется конструкцией системы и химическим составом используемой воды. Благодаря многолетней практике, специалисты ООО «Гидротехинжиниринг» обладают большим опытом применения вышеописанных технологий, что позволяет им безошибочно находить наиболее оптимальное решение проблемы.

Выводы.

Первичная водоподготовка в комплексе с химической программой внутrikотловой обработки воды позволяет поддерживать оптимальный водно-химический режим работы котлов, минимизировать эксплуатационные затраты на профилактику и ремонт оборудования.

Описанные в настоящем материале технологии и методы обработки воды представляют собой современный подход к решению проблем в сетях тепло и водоснабжения, в основу которого положен многолетний мировой опыт в области теплоэнергетики и водоснабжения. Применение нового автоматизированного оборудования и химических продуктов позволяют значительно повысить экономическую эффективность эксплуатации систем, обеспечить бесперебойную работу и увеличить срок службы оборудования.

Литература

1. Гужулов Э.П. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике. – Омск: ОмГТУ, 2005. – 384 с.
2. Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. – М: «Издательство Машиностроение - 1», 2006. – 240 с.
3. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
4. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – Издательский центр «Академия», 2007. – 432 с.
5. Гребенюк В.Д., Мазо А.А. Обессоливание воды ионитами. – Издательство «Химия», 1980. – 288 с.
6. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – Издательство «Энергия», 1976. – 288 с.
7. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация: Учебник для студентов вузов – 3-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2011. – 428 с.
8. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МГУ, 1996.
9. Химводоочистка в котельной – https://vagner-ural.ru/o_kompanii/stati-po-vodoochistke/himvodoochistka-v-kotelnoy/

10. Минкина С.А. Тепловые схемы котельных. Расчет и проектирование оборудования. – Самара: СамГТУ, 2017. – 134 с.

11. Реагенты для оборотных систем, котловой обработки химические реагенты – <https://hte.ru/khimicheskie-reagenty-gidrokhim/>

References

1. Guzhulev E.P. Water treatment and introductory chemical regimes in heat and power engineering. – Omsk: OmSTU, 2005. – 384 p.
2. Fokin V.M. Teplogeneriruyushchy installations of heat supply systems. – M: "Izdatelstvo Mashinostroenie-1", 2006. – 240 p.
3. Kopylov A.S., Lavygin V.M., Ochkov V.F. Water treatment in power engineering: Textbook for universities. – M.: Publishing House of the Moscow Power Engineering Institute, 2003.
4. Sokolov B.A. Boiler installations and their operation. – Publishing center "Academy", 2007. – 432 p.
5. Grebenyuk V.D., Mazo A.A. Desalination of water by ionites. – Publishing house "Chemistry", 1980. – 288 p.
6. Lifshits O.V. Handbook on water treatment of boiler plants. – Publisher "Energia", 1976. – 288 p.
7. Sokolov B.A. Boiler installations and their operation: A textbook for university students-3rd ed. – Moscow: Publishing House of the Moscow Power Engineering Institute, 2011. – 428 p.
8. Frog B.N., Levchenko A.P. Vodopodgotovka: Uchebnoe posobie dlya vuzov. – M.: izdatelstvo MSU, 1996.
9. Khimvodoochistka v kotelnoy – https://vagner-ural.ru/o_kompanii/stati-po-vodoochistke/himvodoochistka-v-kotelnoy/
10. Minkina S.A. Thermal schemes of boiler houses. Calculation and design of equipment. – Samara: SamSTU, 2017. – 134 p.
11. Reagents for recycling systems, boiler treatment chemical reagents – <https://hte.ru/khimicheskie-reagenty-gidrokhim/>

ТОЙГОЖИНОВА А.Ж. – PhD, қауым. профессоры (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

ШУЛЬЦ В.А. – т.ғ.к., қауым. профессоры (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

ТАНКИБАЕВА А.С. – магистрант (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

ҚАЗАНДЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ ҮШІН ҚОРЕКТІК СУДЫ ДАЙЫНДАУ ТӘСІЛІ

Аңдатта

Мақалада коррозияның алдын алу үшін қазандық қондырғылары үшін қоректік суды дайындаудың негізгі кезеңдері сипатталған. Коррозияның пайда болуын болдырмау үшін әртүрлі реагенттер қолданылады. Реагент ретінде біз ООО «Гидротехинжиниринг» компаниясы әзірлеген HYDROCHEM-ды пайдаланамыз. Суды тазартудың ең тиімді бағдарламасын таңдау көбінесе жүйенің дизайнымен және пайдаланылатын судың химиялық құрамымен анықталады. Тәжірибелі арқасында ООО «Гидротехинжиниринг» мамандары жоғарыда атаптап технологияларды қолдануда үлкен тәжірибеге ие, бұл оларға мәселенің оңтайлы шешімін дәл табуға мүмкіндік береді. Бастапқы суды дайындау ішкі суды дайындаудың химиялық бағдарламасымен бірге қазандықтардың

оңтайлы су-химиялық жұмыс режимін сақтауға, Жабдықты күту мен жөндеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді деген қорытынды жасалды.

Түйіндең сөздер: суды тазарту, қақ пен коррозияның алдын алу, қазандық қондыргылары, *Hydrochem*, механикалық қоспаларды алып тастау, суды жұмсарту, деминерализация.

TOIGOZHINOVA A.Z. – PhD, assoc. professor (Almaty, Academy of logistics and transport)

SCHULTZ V.A. – c.e.s., assoc. professor (Almaty, Academy of logistics and transport)

TANKIBAEVA A.S. – magistrant (Almaty, Academy of logistics and transport)

PROCESS OF PREPARATION OF FEED WATER FOR BOILER PLANTS

Abstract

The article describes the main stages of preparation of feed water for boiler plants in order to prevent scale and corrosion. Different reagents are used to prevent scale formation. As a reagent, we use HYDROCHEM developed by a company - OOO "Hydrotechengineering". The choice of the most effective water treatment program is often determined by the design of the system and the chemical composition of the water used. Thanks to practice, the specialists of OOO "Hydrotechengineering". have extensive experience in applying the above technologies, which allows them to accurately find the best optimal solution to the problem. It was concluded that the initial water treatment in combination with the chemical program of internal water treatment will allow maintaining the optimal water-chemical mode of operation of boilers, reducing the cost of maintenance and repair of equipment.

Keywords: water treatment, prevention of scale and corrosion, boiler plants, *Hydrochem*, removal of mechanical impurities, water softening, demineralization.

УДК 621

ПЕРЕВЕРТОВ В.П. – к.т.н., доцент (Российская Федерация, г. Самара, Самарский государственный университет путей сообщения)

АБУЛКАСИМОВ М.М. – ст. преподаватель (Российская Федерация, г. Москва, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

СЕРИККУЛОВА А.Т. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

НАНОМАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация

Формообразование деталей из наноматериалов и порошковых композитов традиционными и аддитивными (3D) технологиями в условиях «умных» производственных систем (УПС) представляют сложную динамическую систему, которой необходимо оптимально управлять. Гибкость и экономичность новой продукции на основе УПС с цифровым моделированием синтеза традиционных и аддитивных