

2. Bondareva G.I., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Sostavlyayushchiye kachestva remonta [Components of the repair quality]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2016; 7: 2-4. (In Rus.).
3. Leonov O.A. Tochnost' i nadezhnost' soyedineniy "val-vtulka" [Accuracy and reliability of "shaft-bushing" connections]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2002; 10: 40-42. (In Rus.).
4. Yerokhin M.N., Leonov O.A. Problemy obespecheniya kachestva otechestvennoy tekhniki dlya sel'skogo khozyaystva [Problems of ensuring the quality of domestic farm machinery]. *Vavilovskiy chteniya – 2008*. FGOU VPO "Saratovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni N.I. Vavilova", 2008: 243. (In Rus.).
5. Leonov O.A. Obespecheniye kachestva remonta unifitsirovannykh soyedineniy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki metodami rascheta tochnostnykh parametrov: Dis... dokt. tekhn. nauk [Maintenance of the repair quality of the unified connections of agricultural machinery by methods of calculating the exact parameters: DSc (Eng) thesis]. Moscow, FGOU VPO MGAU, 2004: 324. (In Rus.).
6. Leonov O.A., Terasova G.N. Ekonomika kachestva [Economy of quality]. Saarbrucken, 2015: 305. (In Rus.).
7. Yerokhin M.N. Remont sel'skokhozyaystvennoy tekhniki s pozitsii obespecheniya kachestva [Agricultural machinery repair in terms of quality assurance]. *Ekologiya i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: Materialy 4-y nauch.-prakt. konferentsii*. SPb., 2005: 234-238. (In Rus.).
8. Bondarev S.P., Leonov O.A., Vergazova Yu.G. Problemy nadezhnosti i sposoby vosstanovleniya tsilindrisheskikh soyedineniy so shponkoy [Problems of reliability and methods of restoring cylindrical key-connections]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2018; 1: 44-45. (In Rus.).
9. Dorokhov A.S., Korneyev V.M., Katayev Yu.V. Tekhnicheskyy servis v sisteme inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya APK [Technical service in the system of engineering and technical support of the farm industry]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2016; 8: 2-5. (In Rus.).
10. Biryukov V.V. Vosstanovleniye bronzovykh detaley mashin poroshkami iz tsvetnykh splavov elektrokontaktnym napekaniyem: dis. kand. tekhn. nauk 05.20.03 [Restoration of bronze machinery parts by powders from nonferrous alloys by electrocontact welding: DSc (Eng) thesis 05.20.03]. Moscow, 2005: 144. (In Rus.).
11. Raychenko A.I. Osnovy protsessa spekaniya poroshkov propuskaniyem elektricheskogo toka [Fundamentals of the process of sintering powders with electric current passing]. Moscow, Metallurg, 1987: 128. (In Rus.).
12. Togambayev S.K., Golimitskiy P.V. Razmernyy analiz bronzovykh podshipnikov skol' zheniya pri obzhatii [Dimensional analysis of bronze sliding bearings during their compression]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2013; 2: 58-60. (in Rus.).
13. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Metody i sredstva izmereniy [Methods and means of measurement]. Moscow, 2014. 256 p. (In Rus.).
14. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Metody i sredstva izmereniy temperatury [Methods and means of temperature measurements]. Moscow, 2008: 124. (In Rus.).

The paper was received on June 1, 2018

УДК 620.193:631.3

DOI 10.26897/1728-7936-2018-5-45-50

ЛЮКИНА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА, докт. техн. наук

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В АПК

В процессе эксплуатации теплоэнергетическое оборудование котельных и тепловых сетей подвергается коррозии, что приводит к снижению выработки тепловой и электрической энергии и даже к аварийной остановке. В статье представлены методы борьбы с коррозией, применяемые на различных участках теплоэнергетической схемы. Воду для тепловых сетей подвергают стабилизационной обработке путем введения различных реагентов в зависимости от состава примесей и pH. Воду обрабатывают фосфатами, фосфонатами, различными комплексонами и др. Для удаления агрессивных газов применяют декарбонизаторы и термические деаэраторы. Использование плавающей герметизирующей жидкости в аккумуляторных баках с горячей водой предохраняет воду от испарения и избыточной аэрации. Для защиты баков от коррозии применяют различные покрытия и катодную защиту металла. Отмечено, что консервация теплоэнергетического оборудования при остановках позволяет избежать стояночной коррозии.

Ключевые слова: теплоэнергетическое оборудование, коррозия, агрессивные газы, аккумуляторные баки, методы защиты от коррозии.

Введение. Условия энергообеспечения сельских населенных пунктов значительно уступают городским по доступности и стоимости. В общем энергетическом балансе сельских районов тепловая энергия составляет около 90%. Основная проблема тепловых сетей в сельских районах – большой процент износа, обусловленный прежде всего коррозией металлических частей оборудования. Коррозионные повреждения металла теплоэнергетического оборудования котельных и тепловых сетей в АПК приводят к аварийным остановкам оборудования, снижению его мощности, ограничению выработки электрической и тепловой энергии [1, 2].

Цель исследования – описать методы борьбы с коррозией теплоэнергетического оборудования котельных и тепловых сетей в АПК.

Методика. Скорость протекания коррозионных процессов в значительной степени зависит от содержания примесей используемой воды. При минерализации воды более 500 мг/л неизбежна электрохимическая коррозия металлов и сплавов [3]. При наличии в воде растворенного кислорода скорость коррозии увеличивается. Если в воде содержатся хлориды (Cl⁻) более 150 мг/л, то будет протекать коррозия вплоть до сквозной. При содержании в воде солей железа более 0,20 мг/л и марганца более 0,1 мг/л могут образовываться соответствующие отложения, под которыми может начаться подшламовая коррозия.

Коррозионную опасность (стабильность воды) определяют установкой индикаторов в трубопровод или аппарат.

Стабилизационная обработка воды.

Технология проведения стабилизационной обработки воды заключается в пропорциональном дозировании реагентов в обрабатываемую воду. Этот процесс зависит от состава обрабатываемой воды, целей ее применения и вида систем.

При отрицательном индексе стабильности воду подщелачивают, вводя дозированно едкий натр, известь, кальцинированную соду [4], фильтруют, пропускают через мраморную крошку (магномассу), или посредством аэрирования удаляют диоксид углерода.

Магномассовые фильтровальные установки предусматривают в том случае, когда вода, подаваемая в систему горячего водоснабжения, более четырех месяцев в году имеет отрицательный индекс насыщения и концентрация кислорода в воде составляет не менее 2 мг/л.

При положительном индексе насыщения воду подкисляют, добавляя в стехиометрическом количестве серную или соляную кислоту, а также обрабатывают фосфатами. Добавление кислоты приводит к переходу карбонатной жесткости в некарбонатную. Кислоту необходимо вводить в стехиометрическом количестве. При недостатке кислоты происходит выпадение осадка, при избытке – коррозия оборудования.

Процесс подкисления нежелателен при большой щелочности добавочной воды, так как при этом возникает опасность образования отложений сульфатов (CaSO₄).

Наибольшее распространение при *фосфатировании воды* получили тринатрийфосфат, гексамета-

фосфат и триполифосфат. Эти реагенты переводят соли жесткости в малорастворимые соединения. Образующаяся на поверхности металла плотная пленка предотвращает непосредственное соприкосновение воды с металлом, защищая его от коррозии.

При применении комплексонов (органических соединений, способных образовывать устойчивые комплексные соединения с катионами металлов) предоставляется возможность стабилизировать насыщенные растворы, ингибировать коррозию, удалить отложения накипи и продуктов коррозии с поверхности теплообменного оборудования.

Находят также применение органические фосфонаты (производные фосфоновой кислоты) и композиции на их основе, например оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ). Механизм защитного действия ОЭДФ объясняется его адсорбцией на поверхности металла и образованием защитного слоя труднорастворимых смешанных комплексных соединений цинка и железа с ОЭДФ, а также Zn(OH)₂.

Фосфонаты эффективны для предотвращения осадкообразования карбонатов, сульфатов и фосфатов кальция. Защитное действие фосфонатов как ингибиторов коррозии усиливается в присутствии ионов металлов: цинка, кадмия, марганца, никеля, кобальта.

Удаление агрессивных газов.

При водоподготовке широко применяется *метод аэрации* – удаление из воды свободного CO₂, осуществляемое в декарбонизаторах [5]. Согласно закону Генри, снижение парциального давления данного газа над водой без снижения общего давления и подогрева воды уменьшает энергетические потери. На практике воду продувают газом (или смесью газов), в составе которого концентрация CO₂ чрезвычайно низка.

Декарбонизатор (рис. 1) представляет собой колонну, в которую сверху подается вода. Вода проходит сквозь насадку для дробления потока воды. Снизу вентилятором нагнетается воздух, который движется в насадке навстречу потоку воды и затем вместе с выделившимся углекислым газом выводится через верхний патрубок.

Существуют различные насадки. Наибольшее распространение получили насадка из керамических колец Рашига и деревянная хордовая насадка. Первая позволяет уменьшить площадь и высоту декарбонизатора, расход воздуха. Кроме того, кольца Рашига более долговечны.

Термическая деаэрация – это процесс десорбции газа, при котором происходит переход растворенного газа из жидкости в находящийся с ней в контакте пар. Удаление газов при термической деаэрации происходит в результате диффузии и их дисперсного выделения. При этом необходимо увеличить площадь поверхности контакта воды с паром за счет дробления потока воды на тонкие струи, капли или пленки, а также барботаж пара через тонкие слои воды.

Эффективная деаэрация достигается за счет непрерывной вентиляции и полного отвода выделившихся газов из деаэратора. Применяемые в энергетике деаэраторы различают по рабочему давлению, при котором происходит выделение газов из воды: деаэраторы повышенного давления (0,6...1,2 МПа)

с подогревом воды на 10...40°C; деаэраторы атмосферные (с давлением 0,12 МПа) с подогревом воды на 10...50°C и деаэраторы вакуумные (с давлением 0,0075...0,05 МПа) с подогревом воды на 15...25°C.

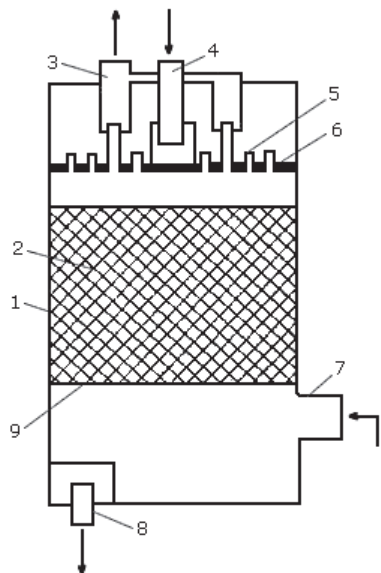


Рис. 1. Схема конструкции декарбонизатора:

- 1 – цилиндрический корпус; 2 – насадка;
- 3 – отвод газовой смеси; 4 – подвод воды;
- 5 – распределительные трубки для подачи воды на насадку; 6 – верхний шит; 7 – подвод воздуха;
- 8 – отвод декарбонизированной воды; 9 – нижний поддерживающий насадку шит

Также различают деаэраторы по способу контакта воды с паром: пленочные, струйные, капельные, барботажные. Часто используются комбинированные схемы контакта, например струйно-барботажные.

Большинство деаэраторов представляют собой вертикальную цилиндрическую колонку, которая размещается над баком-аккумулятором. Бак-аккумулятор предназначен для аккумуляции запаса питательной (подпиточной) воды, а также для дегазации (выделения дисперсных газов и разложения гидрокарбонатов).

Струйный атмосферный деаэратор (рис. 2) получил широкое распространение в энергетике [3]. Деаэраторы такого типа просты по конструкции и имеют малое сопротивление при прохождении пара. В верхнюю часть колонки поступает деаэрируемая вода, которая дробится на струи, проходя сквозь дырчатые тарелки, расположенные по высоте колонки на расстоянии 300...400 мм друг от друга. Тарелки имеют отверстия диаметром 5...7 мм, площадь которых составляет около 8% общей площади тарелки. В колонке устанавливаются тарелки двух типов с проходом пара через центральное отверстие или по периферии. Чередование тарелок обеспечивает многократное пересечение потоком пара струй деаэрируемой воды. Число устанавливаемых тарелок – пять и более.

Защита аккумуляторных баков.

Для аккумуляции горячей воды на объектах теплоэнергетики используются аккумуляторные металлические цилиндрические баки вместимостью от 100 до 20000 м³.

В открытых системах теплоснабжения для защиты внутренней поверхности металлических баков от коррозии применяются материалы, контактирующие с водой питьевого качества, включенные Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации в «Перечень материалов, реагентов и малобаритных очистных устройств, разрешенных Госкомитетом санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения» [6, 7, 8].

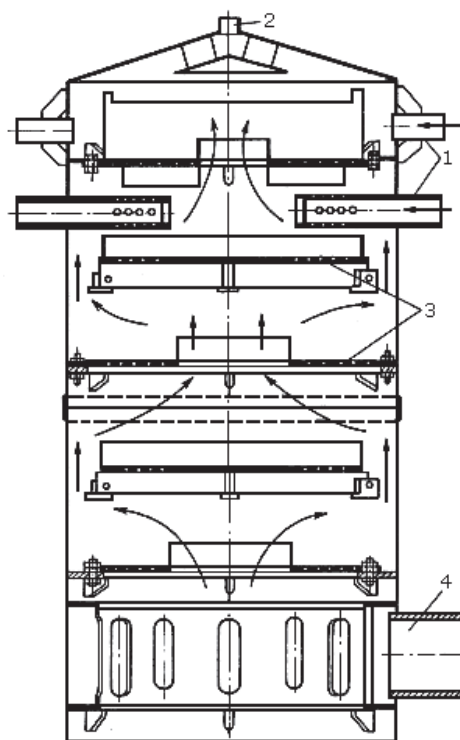


Рис. 2. Конструкция колонки атмосферного деаэратора струйного типа:

- 1 – подвод воды; 2 – отвод пара; 3 – дырчатые тарелки;
- 4 – подвод греющего пара

Способы защиты баков от коррозии и воды в них от аэрации: *комплексная защита* – использование плавающей герметизирующей жидкости (герметика); *смешанная защита* – применение герметизирующей жидкости и нанесения антикоррозионных покрытий, не соприкасающихся с герметиком, на поверхность металла; *раздельная защита* баков в сочетании с устройством «паровой подушки» – нанесение различных покрытий на внутреннюю поверхность металлических стен, днища и кровли или *катодная защита* металла также в сочетании с устройством «паровой подушки».

Эффективность и сроки службы нанесенной на металлическую поверхность баков антикоррозионной защиты зависят от качества подготовки поверхности, степени соблюдения технологии по ее нанесению, а также соблюдения эксплуатационных характеристик подаваемой воды.

Преимущества применения герметизирующих материалов: большой срок эффективной защиты от коррозии; для вновь вводимых баков – отсутствие пескоструйной обработки металла перед нанесением грунта или покрытия; простая технология нанесения герметизирующих жидкостей; уменьшение тепловых потерь за счет плавающего слоя герметизирующей жидкости; отсутствие необходимости надежной автоматики и расхода пара для создания «паровой подушки».

Для хранения горячей воды (до 95°C) предназначены баки с использованием герметика. Герметики представляют собой структурированные вязкоподвижные жидкости, содержащие каучукоподобные полимеры, стабилизированные антиокислительными добавками. Герметики нерастворимы в воде и нетоксичны, обладают низкой удельной плотностью, высокой газонепроницаемостью. Они создают на поверхности зеркала деаэрированной горячей воды постоянно плавающий слой, защищающий от аэрации, а на стенках бака – самовосстанавливающийся противокоррозионный слой.

При *раздельной защите* баков-аккумуляторов от коррозии на внутреннюю поверхность кровли, стен и днища наносят цинконаполненные композиции ЦВЭС и краску теплокор «Пигма».

Для новых баков, вводимых в эксплуатацию, применяют *металлизационные покрытия*. Металлизационное алюминиевое покрытие наносится электродуговым способом.

Метод катодной защиты [9] применяется, как правило, для новых баков объемом до 20 тыс. м³. К внутренней поверхности бака присоединяют отрицательный полюс источника постоянного тока, а положительный полюс – к расположенному внутри бака малорастворимому аноду (титанолатиновый, титанорутениевый или железокремниевый электроды).

Для предупреждения повторного заражения кислородом деаэрированной воды в баках атмосферного давления, имеющих защиту от коррозии с помощью антикоррозионных покрытий (лакокрасочных или металлизационных) или катодной защиты, используется «паровая подушка». Защита воды «паровой подушкой» применяется там, где имеется пар низкого давления. При этом давление в баке должно поддерживаться автоматически с помощью специального регулятора.

Обработка воды подпиточного и сетевого трактов.

Теплофикационное оборудование и трубопроводы подпиточного и сетевого трактов энергетических объектов подвержены углекислотной, кислородной и подшламовой коррозии. Это связано с некачественной деаэрацией подпиточной воды, умягчением ее по схемам Na-катионирования или

подкисления; использованием водопроводной воды с pH 6,5...7,2; повышением температуры воды в подпиточном тракте и загрязненностью воды окислами железа.

Качество воды, подаваемой в системы горячего водоснабжения, в ряде случаев значительно отличается от ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» и ГОСТ Р 51232-98 по содержанию железа и цветности.

Силикатная обработка воды подпиточного и сетевого трактов энергетических объектов является *коррекционным методом* предотвращения коррозии и заноса ее продуктами поверхностей теплообменных аппаратов, водогрейных котлов, трубопроводов и другого оборудования, изготовленного из цветных и черных металлов. Однако силикатная обработка не исключает необходимости качественной деаэрации, уплотнения систем, защитных покрытий аккумуляторных баков и других мероприятий, обеспечивающих максимальную защиту оборудования от коррозии. Силикаты щелочных металлов создают прочный, плотный, но достаточно тонкий (20 мкм) защитный слой в виде соединения Fe₃O₄·FeSiO₃. Образующийся на поверхности металла ферросиликат FeSiO₃ укрепляет уже имеющийся там магнетит Fe₃O₄ и экранирует (защищает) металл от действия коррозионных агентов CO₂ и O₂.

Для быстрого роста защитной пленки при силикатной обработке воды необходимо создание достаточно низкого окислительно-восстановительного потенциала среды, что обеспечивается деаэрацией, а в ряде случаев (при консервации оборудования) – дозировкой силиката натрия вместе с восстановителем (сульфитом натрия). Этот реагент применяется только для закрытых систем теплоснабжения. Помимо этого используются также различные ингибиторы коррозии [10].

Консервация теплоэнергетического оборудования.

Необходимым мероприятием при эксплуатации теплоэнергетического оборудования является его консервация при остановках, так как при любых остановках со снижением давления до атмосферного, при вероятности попадания в него кислорода воздуха и конденсации влаги, протекает стояночная коррозия. При последующих пусках водный режим оборудования не соответствует нормируемым показателям по содержанию оксидов железа и меди в питательной воде и паре, что вызывает снижение надежности работы оборудования, связанное с аварийными разрывами поверхностей нагрева. Консервацию оборудования в период простоев в резерве или ремонте проводят с помощью азота, растворов гидразина и аммиака, трилона Б и аммиака, силиката натрия, нитрита натрия и других ингибиторов.

Вывод

Комплексное применение различных методов борьбы с коррозией металла в энергетике дает возможность бесперебойно и качественно осуществ-

влять снабжение сельскохозяйственных объектов и населения электроэнергией, теплом и горячей водой.

Библиографический список

1. Мартынова Н.К., Улюкина Е.А. Основы водоподготовки для энергетических объектов: Монография. М.: Изд-во МЭСХ, 2016. 160 с.
2. Мартынова Н.К. Противокоррозионная защита энергетического оборудования и тепловых сетей // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2006. № 3 (18). С. 109-113.
3. Водоподготовка: Справочник / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.
4. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. М.: КолосС, 2006. 480 с.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей / Разработчики: АО «Фирма ОРГРЭС» при участии ВТИ, ВНИИЭ, ЦКБ Энергоремонта, ЦДУ ЕЭС России под руководством д.т.н., проф., чл.-корр. РАН А.Ф. Дьякова. М.: Энергоатомиздат, 2003. 145 с.

6. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. М.: Изд-во стандартов, 1998. 18 с.

7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4 1074-01. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав РФ, 2002.

8. Перечень материалов, реагентов и малогабаритных очистных устройств, разрешенных Госкомитетом Санэпиднадзора Российской Федерации для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. М.: Госкомитет Санэпиднадзора РФ, 1992. 43 с.

9. Volkan Cicek. Cathodic Protection: Industrial Solutions for Protecting Against Corrosion, 2013: 333. DOI: 10.1002/9781118737880.

10. Гайдар С.М., Петровский Д.И., Петровская Е.А., Посулько И.А. Использование борных производных аминов в качестве водорастворимых ингибиторов коррозии // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С. 40-46.

Статья поступила 20.06.2018

METHODS OF PREVENTING CORROSION OF HEAT-AND-POWER EQUIPMENT OF BOILER AND HEAT SUPPLY SYSTEMS IN AGRICULTURE

YELENA A. ULYUKINA, DSc (Eng)

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Timiryazevskaya, 49, Moscow, Russian Federation

In the process of operation, the heat and power engineering equipment of boiler stations and heat supply systems are subject to corrosion, which leads to a decrease in the generation of thermal and electric energy and even to emergency shut-downs. The paper presents methods of corrosion control applied at various sections of the heat and power system. Water for heat supply systems is subjected to stabilization treatment with various reagents depending on the composition of impurities and pH. Water is treated with phosphates, phosphonates, various chelating agents, etc. To remove aggressive gases, decarbonators and thermal deaerators are used. The use of floating sealing liquid in storage tanks with hot water protects water from evaporation and excessive aeration. Various coatings and cathodic protection of metal are used to protect tanks from corrosion. It is noted that the conservation of shut-down heat and power equipment allows to avoid downtime corrosion.

Key words: heat-and-power equipment, corrosion, corrosive gases, storage tanks, methods of corrosion protection.

References

1. Martynova N.K., Ulyukina Ye.A. Osnovy vodopodgotovki dlya energeticheskikh ob'yektov: Monografiya [Fundamentals of water treatment for energy facilities: Monograph]. Moscow, Izd-vo MESKH, 2016: 160. (In Rus.).

2. Martynova N.K. Protivokorroziionnaya zashchita energeticheskogo oborudovaniya i teplovykh setey [Anti-

corrosive protection of power equipment and heat supply systems]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2006; 3 (18): 109-113. (In Rus.).

3. Vodopodgotovka: Spravochnik [Water treatment: Reference book] / Ed. by DSc (Eng), active member of the Academy of Industrial Ecology S.Ye. Belikov. Moscow, Akva-Term, 2007: 240. (In Rus.).

4. Lidin R.A., Molochko V.A., Andreyeva L.L. Khimicheskiye svoystva neorganicheskikh veshchestv

[Chemical properties of inorganic substances]. Moscow, KolosS, 2006: 480. (In Rus.).

5. Rules for the technical operation of power plants and networks. Developers: JSC "Firm ORGRES" with the participation of VTI, VNIIE, TsKB Energoremont, CDA UES of Russia under the leadership of DSc (Eng), Prof., RAS Corresponding Member A.F. Dyakov. Moscow, Energoatomizdat, 2003: 145. (In Rus.).

6. GOST R51232-98. Voda pit'yevaya. Obshchiye trebovaniya k organizatsii i metodam kontrolya kachestva [Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control]. Moscow, Izd-vo standartov, 1998: 18. (In Rus.).

7. Sanitarno-epidemiologicheskiye pravila i normativy SanPiN2.1.4 1074-01. Pit'yevaya voda i vodosnabzheniye naselennykh mest. Pit'yevaya voda. Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva [Sanitary and epidemiological rules and standards SanPiN2.1.4 1074-01. Drinking water and water supply of populated areas. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water

supply systems. Quality control]. Moscow, Minzdrav RF, 2002. (In Rus.).

8. Perechen' materialov, reagentov i malogabaritnykh ochestnykh ustroystv, razreshennykh Goskomitetom Sanepidnadzora Rossiyskoy Federatsii dlya primeneniya v praktike khozyaystvenno-pit'yevogo vodosnabzheniya [The list of materials, reagents and small-scale treatment devices allowed by the State Sanitary and Epidemiological Supervision Committee of the Russian Federation for practical application in industrial and drinking water supply]. Moscow, Goskomitet Sanepidnadzora RF, 1992: 43. (In Rus.).

9. Volkan Cicek. Cathodic Protection: Industrial Solutions for Protecting Against Corrosion, 2013: 333. DOI: 10.1002/9781118737880.

10. Gaydar S.M., Petrovskiy D.I., Petrovskaya Ye.A., Posun'ko I.A. Ispol'zovaniye bornykh proizvodnykh aminov v kachestve vodorastvorimyykh ingibitorov korrozii [Use of boron derivatives of amines as water-soluble corrosion inhibitors]. *Trudy GOSNITI*, 2017; 128: 40-46. (In Rus.).

The paper was received on June 20, 2018