

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN217.pdf>

Статья опубликована 13.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чупова А.В., Галковский В.А. Деаэрация как способ защиты теплоэнергетического оборудования от коррозии // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.22(045)

Чупова Анастасия Викторовна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск¹
Студент магистратуры кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
E-mail: 79082848544@yandex.ru

Галковский Вадим Анатольевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск
Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
Кандидат технических наук
E-mail: vadim-galkovskiy@mail.ru

Деаэрация как способ защиты теплоэнергетического оборудования от коррозии

Аннотация. В статье рассматривается значение деаэрации воды, при ее подготовке, как способ защиты теплоэнергетического оборудования от коррозии.

Также рассмотрены виды деаэрации воды, деаэрационные установки и методика расчета этих установок.

Защита оборудования и трубопроводов тепловых электростанций и систем теплоснабжения от коррозии является одной из актуальнейших проблем теплоэнергетики. Отрицательными последствиями внутренней коррозии являются сокращение времени эксплуатации оборудования и трубопроводов тепловых сетей, ТЭС и котельных, а также значительное снижение мощности источников тепловой и электрической энергии.

Коррозия металла зачастую приводит к аварийным остановам теплоэнергетических установок или снижению их мощности, нередко ограничивают выработку электроэнергии и отпуск теплоты потребителям пара с одновременным пережогом топлива.

В теплоэнергетике все оборудование предназначено для работы с такими средами как вода, пар при различных температурах и давлениях, различные кислоты и щелочные реагенты используемые при водообработке, поэтому металл склонен к коррозионному разрушению контактируя с этими средами.

Решение проблемы коррозии теплоэнергетического оборудования ввиду сложных условий службы металла потребовало разработки средств противокоррозионной защиты.

¹ 214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1

Причиной коррозии является присутствие в сетевой воде агрессивных газов. В связи с этим, наибольшее распространение получили такие средства противокоррозионной защиты как деаэрация.

Ключевые слова: деаэрация; атмосферный деаэратор; вакуумный деаэратор; коррозия; оборудование; теплоэнергетика; подготовка воды; водоподготовка

Данная статья посвящена проблемам деаэрации воды на объектах теплоэнергетики. Главная задача при подготовке воды является ее деаэрация.

Глубокая деаэрация воды обеспечивает защиту теплоэнергетического оборудования от коррозии и гарантирует полную выработку своего эксплуатационного срока. Невыполнение условий подготовки воды, а именно ее деаэрации, может привести к плачевным последствиям.

Возрастающий объем строительства КЭС (конденсационные электростанции) и ТЭЦ (теплоэлектростанции) значительной мощности, а также развитие сферы использования деаэрации воды для теплоэнергетического оборудования, является следствием резкого увеличения необходимости в деаэрационном оборудовании.

Целью исследований в статье являются: определение областей применения различных способов деаэрации; составление сравнительной характеристики атмосферного и вакуумного деаэраторов.

Практическая значимость исследования заключается в том, что выявленные в результате расчетов рекомендации могут быть взяты на заметку при выборе деаэрационного оборудования для котельных и других объектов теплоэнергетики [1, 4].

Одной из главных проблем при эксплуатации тепловых сетей и объектов теплоэнергетики является коррозия. В тепловых сетях существуют следующие виды коррозии: внутренняя и наружная. Причиной внутренней коррозии является присутствие в сетевой воде кислорода, а также диоксида углерода CO_2 , причем диоксид углерода усугубляет коррозию, поэтому при подготовке воды содержание CO_2 в ней полностью исключают. Чем больше содержание кислорода O_2 в воде и выше температура теплоносителя, тем активней проходит коррозионный процесс. Основное количество кислорода попадает тепловую сеть с присосами воздуха в неплотностях и с подпиточной водой. Чтобы снизить развитие внутренней коррозии, стараются устранить все места подсоса воздуха путем поддержания в трубопроводах избыточного давления (более 0,05 МПа), а также подпиточная вода перед подачей ее в обратную линию тепловой сети должна быть подвергнута деаэрированию [1].

Подпиточная вода по своему химическому составу должна содержать минимально допустимое содержание кислорода, чтобы не происходили процессы коррозии металла, так как полностью удалить все примеси в воде весьма сложно и дорого. Пределы допустимого количества кислорода в воде устанавливают так, чтобы это было экономически целесообразным.

Подпиточная вода тепловых сетей должна соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям. В воде не должно содержаться вредных и опасных для здоровья веществ, а в открытых системах теплоснабжения вода должна соответствовать показателям питьевой воды. Показатели питьевой воды регламентируются [3].

Важнейшая часть процесса подготовки питательной воды - это удаление содержащихся в ней агрессивных газов, главным образом кислорода и диоксида углерода, вызывающих коррозию теплоэнергетического оборудования и установок. Кислородная коррозия является

наиболее вредной, поскольку она может появляться на отдельных участках поверхности металлического оборудования в виде язвин и развиваться в глубину металла образуя тем самым сквозные свищи. Для современных паровых котлов котловая вода должна проходить глубокую подготовку и тщательную деаэрацию, так как очень незначительная концентрация растворённого в котловой воде кислорода может стать причиной нарушения нормальной работы и выхода из строя отдельных элементов котла, из которых самым первым коррозии подвергается водяной экономайзер.

Коррозия (кислородная) поверхностей нагрева может протекать как в работающем котле, так и в том случае, когда он находится в резерве. Язвы, которые появляются на рабочем котле, обусловлены несомненно присутствием кислорода в воде, и в первую очередь коррозия начинается на входных участках водяного экономайзера, а при более высоких его концентрациях в воде (свыше 0,3 мг/кг) распространяются на особо важные и дорогостоящие элементы котла, такие как барабан котла или опускные трубы. Язвы, появляющиеся на резервном котле, говорят о так называемой стояночной коррозии. Данной коррозии могут подвергаться все участки котла.

В связи с этим, для обеспечения нормальной работы и эксплуатации современных паровых котлов и тепловых сетей необходимо добиваться полного удаления из питательной и подпиточной воды кислорода.

Процесс удаления из воды содержащихся в ней газов носит название дегазации или деаэрации. Известно несколько способов деаэрации, из которых предпочтение отдается термическому и химическому способам [3, 5].

Суть химической деаэрации заключается в добавлении к воде веществ, обеспечивающих связывание кислорода и двуокиси углерода. Такая деаэрация используется как дополнительный (коррекционный) или основной метод деаэрации воды.

Такой способ деаэрации воды как термический, получил наибольшее распространение. Суть этого способа в том, что растворимость в воде газов с увеличением температуры уменьшается, а при температуре, равной температуре кипения, газы практически полностью удаляются из воды. Такой способ удаления газов используется в специальных установках - деаэраторах.

Причиной нахождения растворенных (абсорбированных) газов в воде являются дренажи, добавочная и подпиточная вода и азрированные конденсаты. Для деаэрации воды применяются деаэраторы атмосферного типа и вакуумные деаэрационные установки [6].

Абсолютное очищение воды от растворенных в ней газов нереально. Для глубокой деаэрации воды надлежит пользоваться паром с возможно меньшим содержанием в нем самом воздуха. По прошествии декарбонизаторов, содержание в воде коррозионно-активных газов не должно превышать установленных величин.

В деаэраторах из-за недостаточности поверхности контакта фаз, а, следовательно, и времени соприкосновения воды с паром, состояние равновесия, обыкновенно, не осуществляется. Но имеется возможность к нему приблизиться посредством увеличения плоскостей соприкосновения и контакта пара с водой.

Поверхность соприкосновения воды и пара увеличивают путем тонкого разделения воды на струйки, капельки и пленки или пропускания пара в виде небольших пузырьков через слой воды, подвергаемой деаэрации (барботаж) [2, 3].

Вследствие этого были разработаны «Руководящие указания»² по проектированию термических деаэрационных установок, базирующихся на данных новейших исследований и обобщении набранного опыта проектирования и эксплуатации этих установок.

Воспользовавшись руководящими указаниями и представленным в нем алгоритмом расчета термических деаэрационных аппаратов, была поставлена цель провести сравнительную характеристику атмосферного и вакуумного струйно-барботажных деаэраторов с одинаковой производительностью 100 т/ч деаэрируемой воды в зависимости от различных параметров греющего пара: $t_{п}=104^{\circ}\text{C}$ при $P_{п}=1,2$ ат.; $t_{п}=120^{\circ}\text{C}$ при $P_{п}=2$ ат.; $t_{п}=150^{\circ}\text{C}$ при $P_{п}=4$ ат.; $t_{п}=170^{\circ}\text{C}$ при $P_{п}=8$ ат. Такой деаэратор имеет 2 ступени деаэрации воды - струйную и барботажную, что позволяет наиболее полно удалять из воды газы.

В результате расчета были получены зависимости, представленные на рисунках 1÷2.

Из графиков на рисунке 1 видно следующее:

1. С увеличением параметров греющего пара происходит увеличение площади барботажного листа у обоих деаэраторов, а, следовательно, увеличиваются габариты деаэрационной установки. Причем чем выше параметры пара, тем больше площадь.
2. Атмосферный деаэратор при таких же параметрах греющего пара, как и у вакуумного, имеет меньшую площадь барботажного листа, что является его преимуществом, поскольку габариты установки в этом случае будут меньше.

Так как деаэраторы осуществляют необходимую очистку воды от газов, то нет необходимости использовать пар более высоких параметров для этой цели.

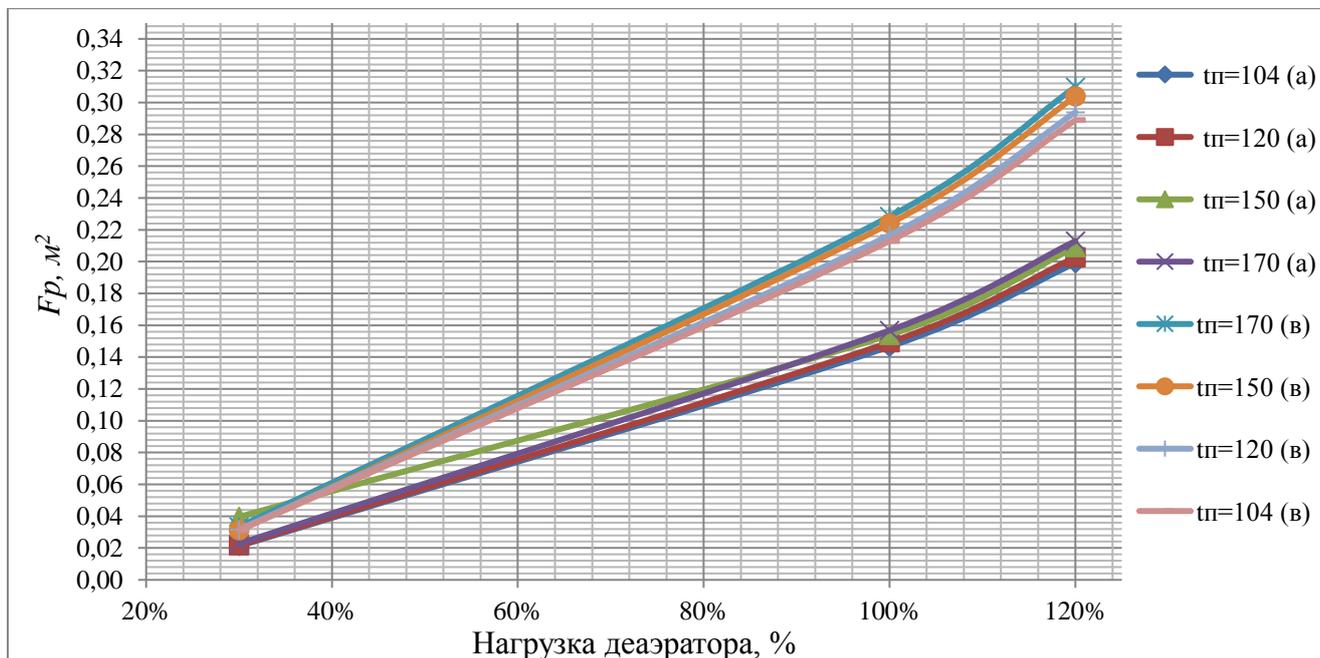


Рисунок 1. Зависимость площади барботажного листа вакуумного (в) и атмосферного (а) деаэраторов (при различных параметрах греющего пара) от нагрузки (разработано Чуповой А.В. и Галковским В.А.)

² РД 34.40.101 «Руководящие указания по проектированию термических деаэрационных установок питательной воды котлов», Минэнерго СССР, 1991 [Электронный ресурс] - М.: Система NormaCS. Режим доступа: <http://www.normacs.ru/Doclist/doc/AMN.html>, свободный.

Из графиков на рисунке 2 видно следующее:

1. Чем выше параметры греющего пара, тем больше расхода пара через барботажный лист, что наблюдается у обоих деаэраторов.
2. У вакуумного деаэратора с увеличением нагрузки расход пара через барботажный лист растет. Это говорит о том, что большая часть воды проходит деаэрацию второй ступенью - барботажем. У атмосферного наоборот, большая часть пара проходит деаэрацию первой ступенью за счет разделения воды на струи. Поэтому можно сделать вывод, что атмосферная установка не полностью будет справляться с поставленной перед ней задачей.

Из полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что оба типа деаэраторов выполняют свои функции по удалению агрессивных газов из воды. Но атмосферные деаэраторы имеют меньшие габариты при использовании пара в качестве греющего теплоносителя, что позволяет использовать их в небольших котельных. Однако на большинстве небольших источников теплоты нет возможности использовать пар и в качестве греющего теплоносителя выступает перегретая вода. При использовании такого вида греющего агента могут использоваться только вакуумные деаэраторы.

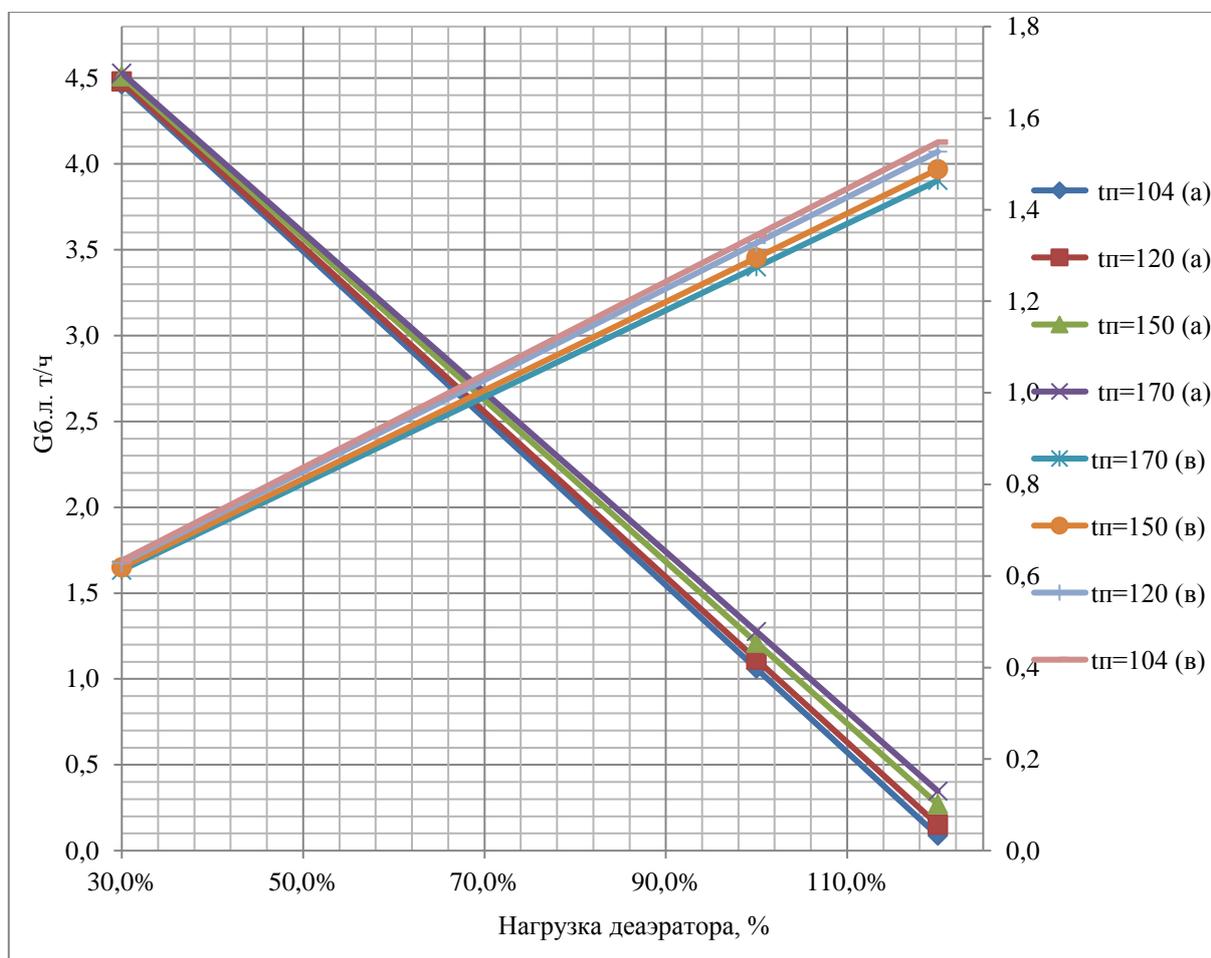


Рисунок 2. Зависимость расхода пара через барботажный лист вакуумного (в) и атмосферного (а) деаэратора (при различных параметрах греющего пара) от нагрузки (разработано Чуповой А.В. и Галковским В.А)

Несмотря на то, что современные деаэрационные колонки в основном состоят из двух ступеней деаэрации: струйной и барботажной, - иногда добиться желаемого результата в

очистке воды не удастся. Это может зависеть от нескольких причин: использование греющего пара с большим содержанием кислорода и особенно диоксида углерода; появлением отложений на струйных тарелках и, как следствие, нарушением гидродинамических условий работы аппарата; дефектами внутренних элементов колонки и другие. Нарушение качества деаэрированной воды характерно для установок, работающих при резко переменной гидравлической нагрузке [5, 8].

Опыт эксплуатации деаэраторов показывает, что независимо от причины снижения эффективности работы деаэрационных установок, использование парового барботажа в деаэрационном баке позволяет значительно повысить эффективность деаэрации. Даже если деаэрационная колонка снижает содержание агрессивных газов в воде до требуемых допустимых значений, то использование барботажного устройства в деаэрационном баке позволит осуществлять поддержание качества воды, уменьшая вероятность проскока или попадания в деаэрированную воду растворенных газов, и также позволит увеличить допустимую гидравлическую и тепловую нагрузки деаэратора при сохранении требуемого качества деаэрированной воды. В данном случае паровой барботаж в деаэрационном баке обеспечивает небольшой перегрев воды относительно температуры насыщения и таким образом предохраняет воду от повторного заражения газами.

Применения атмосферных деаэраторов по сравнению с вакуумными имеет следующие недостатки:

1. потеря конденсата греющего пара;
2. невозможность подачи воды после деаэраторов с температурой 104°C непосредственно в теплофикационную сеть. По санитарным нормам деаэрированная вода должна быть охлаждена до 75°C, из-за чего приходится усложнять и удорожать схему установкой после деаэраторов специальных теплообменников;
3. громоздкость и дороговизна установок с атмосферными деаэраторами для крупных тепловых систем [9, 10].

Поэтому атмосферные установки притягиваются для обеспечения подпитки преимущественно в закрытых системах, предназначенных для обеспечения потребителей горячей водой для технологических, санитарных и гигиенических целей. Для систем с открытым горячим водоразбором применяются вакуумные установки, так как они позволяют получать деаэрированную воду требуемого качества с температурой 70°C и ниже, подаваемую прямо в тепловую сеть. Так как в вакуумный деаэратор пар может не подаваться (когда в качестве греющего теплоносителя используют перегретую воду), отсутствует и потеря от возврата конденсата.

В заключение можно сделать вывод о том, что главной задачей при подготовке воды является ее деаэрация. Деаэрация воды обеспечивает защиту теплоэнергетического оборудования от коррозии и гарантирует полную выработку своего эксплуатационного срока. Выбор в использовании той или иной деаэрационной установки (вакуумного или атмосферного типа) решается после проведения тщательных технико-экономических расчетов на данном теплоэнергетическом объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бордюков А.П. Тепломеханическое оборудование тепловых электростанций / А.П. Бордюков - М.: Энергия, 1978. - 272 с.
2. Волков В.В. Глубокая очистка воды от растворенного кислорода для микроэлектроники, электростанций и пищевой промышленности // Научно-информационный портал [Электронный ресурс] - М.: Мембраны и мембранные технологии, 2017 - Режим доступа: <http://www.memtech.ru/index.php/ru/glavnaya/publications/200-udalenie-kisloroda-iz-vody>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
3. Джон Г. Перри. Справочник инженера-химика - М.: Химия, 2000, т. I, II. Перевод с англ. под ред. акад. Жаворонкова Н. М. и чл.-корр. АН СССР Романкова П.Г. / Л.: Химия, 1969. - 640 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: [Часть 1] Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты/ Дытнерский Ю.И. - М.: Химия, 1995. - 400 с.
5. Лысова Е.П. Анализ методов выработки электрической и тепловой энергии на предприятиях топливно-энергетического комплекса с учетом критериев экологичности и эффективности использования топливно-энергетических ресурсов // Интернет-журнал «Наукovedение», 2013 №5 [Электронный ресурс]- М.: Наукovedение, 2017 - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/23trgsu513.pdf>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
6. Мещерский Н.А. Эксплуатация водоподготовительных установок электростанций высокого давления. Изд. 2-е, перераб.-М.: Энергоатомиздат, 1984 -408 с.
7. Оликер И.И., Пермяков В.А. Термическая деаэрация воды на тепловых электростанциях - М.: Энергия, 1971. - 215 с.
8. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Соколов Е.Я. 7-е изд., перераб. - М.: Издательство МЭИ, 2001. - 472 с.
9. Труб И.А., Литвин О.П. Вакуумные деаэраторы. - М.: Энергия, 1967. - 100 с.
10. Хуторной А.Н. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» / Хуторной А.Н. - Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2003 - 361 с.

Vadim Galkovskiy Anatol'evich

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: vadim-galkovskiy@mail.ru

Chupova Anastasiia Viktorovna

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: 79082848544@yandex.ru

Deaeration as a way of protecting power equipment from corrosion

Abstract. The article discusses the importance of deaeration of water in its preparation, as a way of protecting power equipment from corrosion.

Also considered are the types of deaeration of water, vent installation and method of calculation of these installations.

Protection of equipment and pipelines of thermal power plants and heat supply systems from corrosion is one of the most urgent problems of power engineering. Negative consequences of internal corrosion are reduction in time of operation of the equipment and pipelines of thermal networks, thermal power plants and boilers, as well as a significant reduction in the power sources of thermal and electric energy.

Corrosion often leads to emergency shutdowns of thermal power plants or reduce capacity, often limit the production of electricity and heat supply to consumers of steam with simultaneous burnout of the fuel.

In a power system all the equipment is designed to work with such mediums as water, steam at different temperatures and pressures, various acid and alkaline reagents used in water treatment, so the metal is prone to corrosive destruction of the contact with these environments.

The solution to the problem of corrosion of heat power equipment due to difficult conditions of service of the metal required the development of means of anticorrosive protection. The cause of corrosion is the presence in the water network to corrosive gases. In this regard, the most widely used such means of corrosion protection as deaeration.

Keywords: deaeration; atmospheric deaerator; vacuum deaerator; corrosion equipment; heat engineering; water treatment; water treatment