

Экологизация отдельных узлов Ростовской ТЭЦ-2

К.К. Популиди¹, А.В. Денисова², А.М. Васильев³,

И.А. Денисова², И.М. Викулов³

¹*Ростовская ТЭЦ-2 ООО «Лукойл-Ростовэнерго»*

²*ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск*

³*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»*

Аннотация: С позиций техники безопасности и эколого-экономической целесообразности показана перспективность отказа от применения привозного сжиженного хлора (вещества 2 класса опасности) и замены его электролитическим раствором гипохлорита натрия (4 класса опасности), вырабатываемым на месте потребления. Водород, являющийся отходом производства последнего, может при этом частично (на 15-20%) снизить потребность Ростовской ТЭЦ-2 в этом веществе и обеспечить соответствующее снижение энергетических и экономических затрат.

Ключевые слова: электростанция, сжиженный хлор, гипохлорит натрия, водород, чрезвычайная ситуация, хлораторная установка, водоподготовка, экологизация, генерация водорода, энерго- и ресурсосбережение, техника безопасности, электролиз, поваренная соль.

На многих тепловых и атомных электростанциях применяется низкотемпературный водород для охлаждения электрогенераторов. С этой целью на некоторых электростанциях функционируют целые цеха, где электролизом из воды получают требуемое количество водорода, а на других – устанавливаются соответствующие установки для генерации водорода в контейнерах, изготовленные по заказу [1].

Широко применяется и другое химическое вещество – привозной жидкий хлор, он используется для санации оборудования и трубопроводов [2].

Сжиженный хлор, как известно, высокотоксичное вещество 2-го класса опасности, требует при обращении с ним крайней осторожности. Это касается транспортировки его от места производства (известны многочисленные аварии с тяжелыми последствиями, при установке в местах использования (хранилища) и в процессе эксплуатации (получении хлорной

воды и последующего применения). Хранилища с контейнерами сжиженного хлора должны располагаться в специальных помещениях, снабжаться устройствами, предотвращающими распространение аварийного газового хлорного облака по территории объекта и за его пределами, средствами индивидуальной защиты [3]. В зависимости от количества хранимого хлора в обязательном порядке предусматривается санитарно-защитная зона (до 1 км в радиусе). Вышеперечисленные требования становятся особенно актуальными, если энергетический объект практически «слился» с элементами инфраструктуры поселения. Отсюда понятна озабоченность многочисленных организаций, контролирующих состояние техники безопасности на объектах энергетического комплекса при наличии подобных хлорснабжающих установок, понятны и величины финансовых затрат, которые обязаны нести ТЭС и АЭС [4].

Указанные проблемы характерны и для Ростовской ТЭЦ-2; промышленная площадка которой находится в непосредственной близости от жилых объектов г. Ростова-на-Дону; на территории расположены (причем рядом) и производство газообразного водорода, и хранилище контейнеров с сжиженным хлором (потребность энергообъекта в последнем составляет 30 т ежегодно, цена поставки 1 т в 2014 г. составила ~50 тыс.руб./т с тенденцией возрастания) [5].

Хлораторная установка предназначена для получения хлорной воды, используемой для обеззараживания подпиточной воды, подаваемой в теплосеть с открытым водозабором. В хлораторной, совмещенной со складом хлора, производится прием и складирование жидкого хлора, поставляемого в контейнерах емкостью 800 л, а также отбор, дозирование газообразного хлора и приготовление хлорной воды. Газообразный хлор проходит очистку в фильтре и поступает в вакуумный регулятор, откуда по вакуум-проводу подается в системы дозирования хлора, установленные в помещении

хлораторной. Соответствующие дозы газообразного хлора после дозаторов по вакуумным хлоропроводам поступают на эжекторы высокого давления, установленные в непосредственной близости от дозаторов. После подачи воды на эжекторы хлорная вода подается от последних в трубопроводы хлорной воды. При авариях с выделением большого количества хлора необходимо вокруг здания хлораторной создать водяную завесу с помощью стационарных и (или) передвижных рассеивателей [6].

Производство газообразного водорода на РостЭЦ-2 осуществляется на установке ФС-10.25 путем электролиза воды, электролитом служит раствор дистиллята или очищенная вода с добавкой гидроксида калия. Объемная производительность установки по водороду (при 20°C и 101,3 кПа) достигает 9–10 м³/ч; ежегодная потребность составляет 5–6 м³/ч (0,45–0,54 кг/ч); мощность электрическая потребляемая – 70 кВт, не более. После фильтров (стекловата или силикагель) водород направляется на узел газораспределения и после регулятора давления подается потребителю [7].

Производство водорода электролизом воды относится к взрывоопасным, при его эксплуатации необходимо руководствоваться «Правилами техники безопасности при производстве водорода методом электролиза воды ПБ 03-598-03».

Между тем в системы водоподготовки и очистки природных и сточных вод в последние десятилетия вместо привозного сжиженного хлора интенсивно внедряется другой окислитель-дезинфектант – водный раствор гипохлорита натрия низкой (0,5–0,7%) концентрации. Низкоконцентрированный (менее 1%) раствор ГХН (марки Э – электролитический) является малотоксичным продуктом, оказывает умеренно раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки, не горюч, не взрывоопасен. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», указанный



водный раствор ГХН относится к 4-му классу опасности, т.е. к малоопасным веществам. По международным нормам он не является опасным веществом остронаправленного действия; сложной индивидуальной и коллективной защиты обслуживающего персонала не требуется [8,9].

Производство электрохимического ГХН основано на получении его путем электролиза водного раствора поваренной соли NaCl с концентрацией последней около 3% в интервале температур 20–25°C. Суммарная стоимость получения раствора электрохимического ГХН (в части эксплуатационной составляющей) складывается в основном из затрат на поваренную соль (4–5 кг на 1 кг ГХН), электрическую энергию (4–5 кВт·ч) и технологическую воду (обычно водопроводную, из расчета 0,17 м³ на 1 кг ГХН). Достоинством отечественных технологий производства гипохлорита натрия электролизом раствора поваренной соли, в частности осуществляемых ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск), является возможность работы на соли невысокого качества, что в экономическом плане выгодно отличает их от импортных установок.

Испытаниями установлено, что при обеззараживании (деальголизации) микроводорослей, содержащихся в искусственно зараженных природных водах, электрохимический раствор ГХН по своей эффективности не только не уступает газообразному хлору, а в отдельных случаях (при высоком бактериальном загрязнении) даже превосходит его [10].

Однако недостатком всех установок электрохимического гипохлорита (и зарубежных, и отечественных) является образование газообразного водорода в процессе электролиза (~27 кг H₂ на 1 т ГХН) [11]. Водород многократно разбавляется воздухом и вентилятором выбрасывается в атмосферный воздух. Очевидно, что это нерационально ни в экологическом, ни в экономическом отношении [4].



Энергетический потенциал выбрасываемого водорода составляет почти 20% от той энергии, которая затрачивается на получение 1 кг ГХН (до 0,9 кВт·ч). Следовательно, при выработке 30 т ГХН/год потери составят 27 тыс.кВт·ч. Добавим к этому, что сам водород является ценным и востребованным продуктом (сырьем) во многих отраслях промышленности.

Между тем в условиях Ростовской ТЭЦ-2 указанная проблема легко устраняется, если заменить часть (или полностью) водорода, получаемого на существующей установке и используемого для охлаждения электрогенераторов, на попутно вырабатываемый при электролизе водород после его традиционной очистки и осушки.

Сравним основные экономические показатели традиционного (с использованием сжиженного хлора) и альтернативного (гипохлорит натрия) методов дезинфекции применительно к условиям РосТэц-2.

Вариант № 1. Использование привозного сжиженного хлора.

1.1. Затраты на приобретение сжиженного хлора и его доставку составляют:

$$30 \text{ т} \times 50 \text{ 000 руб./т} = 1 \text{ 500 000 руб.} = 1500 \text{ тыс.руб.}$$

1.2. Обеспечение надлежащей безопасности при разгрузке, хранении, переливе и использовании контейнеров с сжиженным хлором – 500 тыс. руб.

Вариант № 2. Использование альтернативного (гипохлорит натрия) метода дезинфекции.

2.1. Затраты на приобретение соли I сорта (3,5 руб./кг):

$$Z_1 = 30 \text{ 000 кг} \times 4,5 \times 3,5 \text{ руб.} = 472500 \text{ руб.} = 472,5 \text{ тыс.руб.}$$

2.2. Затраты на электроэнергию (1,2 руб./кВт·ч на РосТэц-2 (с учетом инфляции в 2014 г. 11,4%):

$$Z_2 = 30 \text{ 000 кг} \times 4,5 \times 1,5 \text{ руб.} = 202 \text{ 500 руб.} = 202,5 \text{ тыс.руб.}$$

2.3. Затраты на воду (из расчета $0,15 \text{ м}^3/\text{кг}$ ГХН при цене 25 руб./м^3):

$$З_3 = 30\,000 \text{ кг} \times 0,15 \times 25 = 112\,500 \text{ руб.} = 112,5 \text{ тыс.руб.}$$

2.4. Обеспечение техники безопасности – 100 тыс.руб.

Суммируя вышеприведенные цифры, получим ежегодные эксплуатационные расходы на производство раствора ГХН - $887,5 \text{ тыс.руб.}$

При условии использования водорода (810 кг), образовавшегося при производстве 30 т ГХН, количество сэкономленной электроэнергии на участке электролиза воды составит:

$$70 \times 810 = 56\,700 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где 70 – количество электроэнергии, реально затрачиваемой на выработку 1 кг H_2 , кВт·ч.

В денежном исчислении экономия электроэнергии составит $85,05 \text{ тыс.руб.}$

Разница в эксплуатационных расходах ΔS на осуществление традиционного варианта и рекомендуемого составит:

$$\Delta S = (1\,500 + 500) - 887,5 - 85,05 = 1027 \text{ тыс.руб.}$$

В расчетах принимали неизменность численности обслуживающего персонала в обоих вариантах.

Следует отметить, что хозяйственную воду, идущую на приготовление технологического раствора NaCl для электролиза, можно заменить на конденсат (которого в избытке на РосТэц-2). Тогда из эксплуатационных расходов при осуществлении альтернативного варианта можно вычеркнуть закупку водопроводной воды ($112,5 \text{ тыс.руб.}$), а из технологической схемы - устранить узел декарбонизации технологической воды.

Укажем также, что по альтернативной технологии сразу образуется готовый к немедленному употреблению дезинфектант - раствор ГХН. При традиционной технологии перед употреблением полученного газообразного хлора его предварительно растворяют в воде с образованием «хлорной»

воды, которая является весьма опасным веществом и поэтому требует специальных мер обращения. Выделение хлора из «хлорной» воды при последующих операциях создает серьезные опасности для обслуживающего персонала.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что использование современной технологии получения ГХН на РосТэц-2 вместо привозного сжиженного хлора имеет кроме существенного снижения экологической и технологической безопасности (в первую очередь возможности возникновения ЧС с выбросом ядовитого хлора) и экономические преимущества. Добавим к этому, что раствор ГХН широко используется в различных отраслях промышленности и особенно в природоохранных технологиях, в частности, при очистке сточных вод от ряда органических и неорганических загрязняющих веществ [4].

Литература

1. Манжина С.А., Денисова И.А., Денисов В.В. Использование крупнотоннажного отхода фосфогипса для снижения SO_2 -содержащих выбросов угольной теплоэлектростанции // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_84_Manzhina.pdf_2358.pdf.
2. Басаргин В.Ф. Проблемы водоснабжения и водоотведения в Российской Федерации и пути их решения // Водоснабжение и сан. техника. – 2011. – №5. – С. 10–13.
3. Фесенко Л.Н., Денисов В.В., Скрыбин А.Ю. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство, применение, экономика и экология. Ростов-на-Дону: изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. – 246 с.
4. Денисова И.А., Москаленко С.А., Фесенко Л.Н., Денисова А.В. Эколого-экономические аспекты по переводу водопроводных станций на гипохлорит натрия Проблемы экономического развития Юга России:



материалы Всеросс. науч.-практ. конф. г. Новочеркасск, 25 декабря 2012 г. / Новочеркасск гос. мелиор. акад. - Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 25–28.

5. Денисов В.В., Дровозова Т.И., Борисова Э.В., Вербина Е.Б. Обоснование целесообразности энергосберегающего производства H_2O_2 на предприятии энергетики / Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на промышленных предприятиях, в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф., октябрь 2013 г. / Пенза: Приволжский дом знаний, 2013. – С. 18 – 21.

6. Манжина С.А., Денисова И.А., Популиди К.К. Экономические аспекты диверсификации тепловой энергетики с учетом экологических требований // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/uploads/artiticle/pdf/IVD_52_Manzhina.pdf_2260.pdf.

7. Денисова И.А., Манжина С.А., Популиди К.К. Утилизация тепла сбросных вод ТЭС (АЭС) при помощи теплонасосных установок: Современные концепции научных исследований: сб. науч. работ IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 25 июля 2014 г. / Евразийский Союз Ученых: науч. журнал / Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – М., 2014. - № 4, Ч. 5: Технические науки. – С. 52–54.

8. Паненко Н.Н., Скрыбин А.Ю., Денисова А.В., Популиди К.К., Денисов В.В. Энергосбережение при очистке сточных вод населенных мест // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2339.

9. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений в 3 т. Т. 2. 2-е изд., перераб. и доп. М.: изд-во АСВ, 2004. - 494 с.

10. Myers R.L. The 100 Most Important Chemical Compound: A Reference Guide. – Westport: Greenwood, 2007. – P. 260.

11. Burney H.S., Talbot J.B. Report of the electrolytic industries for the year 1990 // J. Electrochem. Soc., 1991, V.138, №10. - pp. 3140–3172.

References

1. Manzhina S.A., Denisova I.A., Denisov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: ivdon.ru/uploads/artiticle/pdf/IVD_84_Manzhina.pdf_2358.pdf.

2. Basargin V.F. Vodosnabzhenie i san. tehnika. 2011. № 5. pp. 10–13.

3. Fesenko L.N., Denisov V.V., Skryabin A.Ju. Dezinfektant vody – gipohlorit natrija: proizvodstvo, primeneniye, jekonomika i jekologija. [Disinfectant water - Sodium hypochlorite: production, use, economy and ecology]. Rostov-na-Donu: izd-vo SKNC VShJuFU, 2012. 246 p.

4. Denisova I.A., Moskalenko S.A., Fesenko L.N., Denisova A.V. Problemy jekonomicheskogo razvitiya Juga Rossii: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. g. Novoчеркассk, 25 dek. 2012 g. Novoчеркассk gos. melior. akad., Novoчеркассk: Lik, 2013. pp. 25–28.

5. Denisov V.V., Drovovozova T.I., BorisovaJe.V., Verbina E.B. Jekologija i resurso- i jenergosberegajushhie tehnologii na promyshlennyh predpriyatijah, v stroitel'stve, na transporte i v sel'skom hozjajstve: sb. st. XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., okt. 2013 g. Penza: Privolzhszkij dom znaniy, 2013. pp. 18–21.

6. Manzhina S.A., Denisova I.A., Populidi K.K. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: ivdon.ru/uploads/artiticle/pdf/IVD_52_Manzhina.pdf_2260.pdf.

7. Denisova I.A., Manzhina S.A., Populidi K.K. Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovaniy: sb. nauch. rabot IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Moskva, 25 ijulja 2014 g. Evrazijskij Sojuz Uchenyh: nauch. zhurnal. Evrazijskij Sojuz Uchenyh (ESU). M., 2014. №4, Ch. 5: Tehnicheskie nauki. pp. 52–54.



8. Panenko N.N., Skrjabin A.Ju., Denisova A.V., Populidi K.K., Denisov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2339.

9. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie system i sooruzhenij v 3 t. T. 2. 2-e izd., pererab. i dop. [Water supply. Designing of systems and structures in 3 t. T. 2. 2nd ed., rev. and ext.] M.: izd-vo ASV, 2004. 494 p.

10. Myers R.L. The 100 Most Important Chemical Compound: A Reference Guide. Westport: Greenwood, 2007. 260 p.

11. Burney H.S., Talbot J.B. Report of the electrolytic industries for the year 1990. J. Electrochem. Soc., 1991, V.138, №10. pp. 3140–3172.