



Химия. Экология. Урбанистика

Материалы всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)

г. Пермь, 19–21 апреля 2023 г.
В четырех томах

Том 1

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)*

г. Пермь, 19–21 апреля 2023 г.

В четырех томах

Том 1

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2023

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54
Х46

Х46 **Химия.** Экология. Урбанистика : матер. всерос. науч.-
практ. конф. (с междунар. участием) : в 4 т. – Пермь: Изд-во
Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023.

ISBN 978-5-398-02973-4

Т. 1. – 518 с. – ISBN 978-5-398-02974-1

Приведены результаты исследований в области экологии, химической технологии и биотехнологии, строительства дорог и транспортных сооружений, машиностроения и материаловедения, направленных на разработку энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Главный редактор

В.Н. Кортаев, д-р техн. наук, профессор

Ответственные редакторы

И.Н. Ташкинова, канд. техн. наук, доцент

А.В. Портнова, канд. хим. наук, доцент

Редакционная коллегия

В.В. Вольхин, д-р хим. наук, профессор

В.В. Карманов, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Лобов, д-р тех. наук, профессор

Е.Р. Мошев, д-р тех. наук, доцент

М.В. Песин, д-р техн. наук, профессор

В.З. Пойлов, д-р техн. наук, профессор

Л.В. Рудакова, д-р техн. наук, профессор

Ю.Д. Щицын, д-р техн. наук, профессор

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54

ISBN 978-5-398-02974-1 (Т. 1)

ISBN 978-5-398-02973-4 (общ.)

© ПНИПУ, 2023

А.Н. Басамыкина, М.А. Камеристая, Е.И. Горелов

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБОРОТНОГО ЦИКЛА ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЭС

Рассмотрены основные технологии модернизации тепловых электростанций (ТЭС) по уменьшению водопотребления, утечек и загрязненных стоков. Даны характеристики семи технических систем ТЭС с их приоритетными загрязнителями, влияющими на сложность очистки сточных вод. Выделены три основных класса в рамках стандартных технологий очистки воды ТЭС. Описан метод биологической очистки сточных вод ТЭС, позволяющий свести к минимуму забор ресурса для деятельности предприятия из водных объектов, полностью исключить сброс очищенных производственных стоков в водоемы и осуществить возврат очищенной воды в производство.

Ключевые слова: тепловые электростанции, обратное водоснабжение, очистка сточных вод, биологическая очистка.

A.N. Basamykina, M.A. Kameristaya, E.I. Gorelov

RECYCLING WATER SUPPLY FOR THERMAL POWER PLANTS

The general technologies for the thermal power plants modernization to reduce water consumption, leaks and polluted effluents are considered. The characteristics of seven technical systems of thermal power plants with their priority pollutants that affect the complexity of wastewater treatment are given. Three main classes have been identified within traditional water treatment technologies. A biological wastewater treatment from thermal power plants, which makes it possible to minimize the resource intake for the enterprise's activities from water bodies, is described. Technologies for wastewater treatment at thermal power plants, that completely eliminates the discharge of treated industrial effluents into water bodies, and return the treated water to production are considered.

Keywords: thermal power plant, recycling water supply, wastewater treatment, biological wastewater treatment.

Актуальность проблемы оборотного водоснабжения тепловых электростанций обусловлена тем, что производство тепловой и электрической энергии сопровождается использованием большо-

го количества технической воды (для конденсации пара, охлаждения, обмывки оборудования и т.д.) и ее потерями в связи с капельным уносом и продувкой градирен, а также потерями питательной воды, связанными с продувкой барабанных котлов, неплотностями трубопроводов и арматуры, и сбросом сильнозагрязненных сточных вод [1].

Вследствие стремления продлить срок службы оборудования, снизить расходы ресурсов, минимизировать эксплуатационные расходы, улучшить экологические показатели в соответствии с динамично меняющимся природоохранным законодательством основными направлениями материальных вложений предприятий топливно-энергетического комплекса являются модернизация производства и экологические программы [2].

Одним из перспективных решений модернизации является усовершенствование системы водопользования, водоподготовки и водоочистки. Для минимизации затрат на забор и сброс воды, сокращения ее потерь, содержания загрязнителей в составе сточных вод существуют мероприятия по уменьшению водопотребления, утечек и стоков (рисунок).

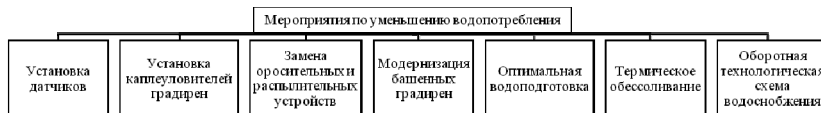


Рис. Перечень мероприятий по уменьшению водопотребления

Следует учесть, что количество и наличие сточной воды на ТЭС зависит от большого числа факторов: мощность, тип и обслуживание электростанции, вид используемого топлива, типы энергоустановок котлов, характеристики используемых химических реагентов в различных технических системах и квалификация персонала.

Несмотря на то, что современные станции должны иметь замкнутые системы водоснабжения, это не означает, что на них не должны быть системы очистки. Напротив, для того чтобы вернуть

отработавшую в цикле техническую воду обратно, ее необходимо подготовить и очистить от полученных загрязнений.

Характер загрязнений воды тесно и напрямую связан с тем, в какой технической системе она используется.

В таблице выделены семь технических систем (в порядке уменьшения количества стоков) с их приоритетными загрязнителями, влияющими на сложность очистки сточных вод ТЭС.

Характеристика вод в технических системах ТЭС [1–3]

Тип воды	Образование	Загрязнители
Вода систем охлаждения	Охлаждение установок на ТЭС. Более 90 % воды данного стока – охлаждение конденсаторов турбин	Тепловое загрязнение (превышает температуру водоемов на 8–10 °С)
Вода систем гидрозолоудаления (для угольных электростанций)	Гидравлическое удаление золы на ТЭС после сжигания угля	Взвешенные вещества – зола, С, MgO, CaO (загрязнители зависят от месторождения угля)
Вода химической промывки оборудования	Промывка оборудования большим количеством моющих средств, растворенных в воде	Щелочи; неорганические и органические кислоты; соли (нитраты, нитриты, соли аммония, трилон Б); поверхностно-активные вещества
Загрязненные воды водоподготовительных установок	В процессе водоподготовки котловой воды (рабочего тела генерации пара)	Катионы: Na ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ ; анионы: Cl ⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ (загрязнители зависят от источника воды и его начального состава)
Вода, загрязненная нефтепродуктами	Уборка цехов; протечки различных систем смазки, насосов, вращающихся элементов в оборудовании и машинах	Нефтепродукты (масла, бензины, парафины)
Обмывка поверхностей нагрева котлов и оборудования	В процессе обмывки поверхностей нагрева перед окончательным выводом котла или перед его отправкой на ремонт	Остатки и продукты сгорания мазута (С, СО, СО ₂ , SO ₂ , SO ₃ , NO ₂)
Канализация (бытовые стоки и дождевые)	В процессе жизнедеятельности людей; в результате выпадения осадков на территории ТЭС	Аналогичны загрязнениям бытовых сточных вод

В рамках технологий очистки воды, применяемых на ТЭС, выделяются три класса: физические (отстаивание, фильтрование, флотация, коагуляция, центрифугирование); физико-химические (известкование, вымораживание, выпаривание, экстракция); химические (окисление, разложение) [3]. По отношению к устаревшим отечественным ТЭС обычно не выделяют класс биологических методов, в основе которых лежит жизнедеятельность живых организмов (как правило, гидробионтов), потребляющих органическое вещество, тем самым очищая воду.

Современная мировая практика очистки сточных вод разнообразна: современные энергоблоки, главным образом основанные на новых технических решениях, включают в себя полный цикл производства, замкнутые системы водоснабжения и полную очистку сточных и ливневых вод. Оптимальным вариантом является применение химико-биологической очистки сточных вод.

При этом очистные сооружения включают:

1) систему сбора оборотной воды – сеть подземных трубопроводов, проложенных по всей территории, включая мазутное хозяйство, корпус, насосное оборудование, водоподготовку;

2) оборудование, обеспечивающее механическую очистку (удаление крупных загрязнителей), в том числе нефтеуловитель, задерживающий нефтепродукты при помощи естественной гравитации;

3) оборудование, обеспечивающее физико-химическую очистку (растворимые металлы обрабатывают химическими веществами (гидроксидом натрия или кальция) с образованием нерастворимых гидроксидов металлов, выпадающих в осадок и отделяющихся от воды);

4) оборудование, обеспечивающее биологическую очистку, представленное следующими вариациями: аэробная фаза (процесс биологического окисления аммонийных соединений до нитратов); аноксидная фаза (процесс биологического восстановления нитратов до газообразного азота); анаэробная фаза (процесс удаления фосфора при помощи фосфор-аккумулирующих бактерий);

5) этап доочистки, предназначенный для дополнительного и более глубокого удаления загрязнений (механическая фильтрация, а также обеззараживание воды от патогенных микроорганизмов при помощи ультрафиолетовых лучей, хлора или озона);

б) систему водоподготовки с накопительным резервуаром для повторного использования воды (представлена угольными фильтрами, ионообменными установками, обратным осмосом и др.), оборудование может меняться в зависимости от дальнейшего технического назначения воды.

В дальнейшем очищенную до соответствия нормативам предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения воду можно очищать дополнительно и использовать повторно.

Таким образом, оборотная схема водоснабжения, представляющая собой комплекс инженерных узлов автономной многоступенчатой очистки, на основе химико-биологической очистки сточных вод минимизирует забор воды для нужд ТЭС из водных объектов и полностью исключает сброс очищенных производственных стоков в реку и канализацию и по праву является наиболее перспективной технологией модернизации ТЭС.

Список литературы

1. Бузов В.Д., Дорохов Е.В. Тепловые электрические станции: учебник для вузов. – 3-е изд., стереот. – М.: Изд. дом МЭИ, 2009. – 466 с.

2. Достияров А.М., Кибарин А.А. Эксплуатация ТЭС: учебник для вузов. – М.: Изд. дом Академии естествознания, 2020. – 153 с.

3. Сточные воды тепловых электростанций, 2001–2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.voda.ru/articles/stochnyie-vodyi-teplovyih-elektrostantsiy/tehnologii-ochistki.html> (дата обращения: 24.02.2023).

Об авторах

Басамыкина Алена Николаевна – старший преподаватель департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции Института экологии, Российский университет дружбы народов, e-mail: alena.basamykina@gmail.com

Камеристая Мария Андреевна – студентка магистратуры факультета географии и геоинформационных технологий, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», e-mail: mkameristaya@bk.ru

Горелов Егор Игоревич – студент бакалавриата Института экологии, Российский университет дружбы народов, e-mail: egorka.gorelov.2002@mail.ru