

УДК 628.1

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС И АЭС В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС КАФЕДРЫ ТЭС БНТУ

Римашевская Е.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чиж В.А.

Введение. Бесспорным является то, что метод ионного обмена позволяет получить воду любого требуемого качества для использования на ТЭС и АЭС [1]. Появление в мировой практике новых типов парогенерирующего оборудования и ужесточение норм качества водного теплоносителя требуют совершенствования водоподготовки. Компьютерные программные расчеты дают возможность оптимизировать выбор технологии обессоливания воды ещё на стадии проектирования водоподготовительных установок [2].

Анализ состояния подготовки водного теплоносителя на ТЭС Республики Беларусь. Состояние технологии подготовки водного теплоносителя на теплоэлектростанциях (ТЭС) Белорусской энергосистемы определяется состоянием и перспективами развития основного теплоэнергетического оборудования. В настоящее время в Белорусской энергосистеме используются, в основном, технологии физико-химической обработки природной воды, разработанные в 1960–1970-х гг. Данные технологии позволяют добиться качества воды, соответствующего нормам различных промышленных энергетических объектов; гарантируют длительную безаварийную работу основных агрегатов теплоэнергетического производства, просты в эксплуатации. Однако при этом требуют высоких капитальных затрат, значительного расхода реагентов, сопровождаются большим количеством высокоминерализованных стоков. Велико и негативное их влияние на окружающую среду, что оборачивается увеличением материальных затрат на обработку воды. Непрерывно возрастающая стоимость реагентов и воды (плата осуществляется как за водопотребление, так и водоотведение) ставит задачу повышения экономической эффективности систем водоподготовки и снижения их негативного влияния на экологию, а введение в эксплуатацию современного теплотехнического оборудования – улучшения качества подпиточной воды, возможного только путем внедрения новых технологий и оборудования [3].

Совершенствование технологий обессоливания воды на ТЭС и АЭС. В конце XX в. наибольшее распространение получила технология обессоливания воды на базе параллельно-точных ионитных фильтров (для вод с малой и средней минерализацией) и термическое обессоливание (для вод с высокой минерализацией или повышенной окисляемостью) [4]. Ужесточение экологических требований к водоподготовке, ухудшение качества обрабатываемых вод и высокие эксплуатационные затраты привели к созданию новых технологий обработки воды.

Анализ литературных источников [4-6] показывает, что предложения по совершенствованию технологии обессоливания воды на ТЭС и АЭС можно разделить на следующие группы:

- оптимизацию действующих установок ионообменного химического обессоливания (ХОУ), направленную на сокращение расхода реагентов и стоков;
- разработку схем ХОУ на основе противоточных технологий (UPCORE, Packed Bed, Schwebebett и др.);
- разработку схем обессоливания на основе мембранных методов обработки воды;
- создание малоотходных технологий на основе термического метода.

Возможность практически безреагентного удаления растворенных солей и органических соединений предопределяет актуальность использования мембранных технологий в схемах обессоливания воды на ТЭС и АЭС Белорусской энергосистемы. Традиционно используемая проточная ионообменная технология обессоливания воды, позволяющая добиться качества воды, соответствующего нормам различных промышленных энергетических объектов, теряет конкурентоспособность в условиях значительного повышения цен на ионообменные смолы, кислоту и щелочь, и увеличения платы за водопользование и сброс минерализованных стоков, что делает мембранные технологии обессоливания конкурентноспособными по сравнению с ионообменными.

Характеристика компьютерных технологий расчета систем водоподготовки. При проектировании новых и модернизации существующих водоподготовительных установок (ВПУ) основными задачами являются [7]:

- обеспечение стабильного качества получаемой воды;
- обеспечение технологической надежности и устойчивости работы оборудования;
- сокращение эксплуатационных затрат;
- минимизация количества сбрасываемых стоков.

В настоящее время наметился прогресс в области водоподготовки: вводятся новые и реконструируются существующие установки. При этом используются высокотехнологичные элементы систем водоподготовки и прогрессивные методы водоочистки [8, 9].

Проектирование различных систем обработки воды в современных условиях проводится с использованием программных расчетов. Расчет технологических параметров систем водоподготовки может выполняться с помощью специализированных программ, предоставляемых производителями основных технологических элементов схем водоподготовки («CADIX», «Ion Exchange Design», «Winflows», «ROSA», и др.) [10].

Фирмы-производители мембранных аппаратов (элементов) (Hydranautics, Saehan, Osmonics, LANXESS) и ионообменных смол и установок химического обессоливания воды (DOW CHEMICAL, LANXESS, Purolite) предоставляют своим покупателям специализированные компьютерные программы для расчета схемы оптимального гидравлического распределения и определения химического состава фильтрата исходя из заданных характеристик установки. Рассмотрим и проанализируем эффективность проектирования систем водоподготовки с использованием компьютерных программ.

Особенности использования компьютерных технологий при проектировании систем водоподготовки. [11, 12] автором был проведен сравнительный анализ программного проектирования ионообменных ВПУ ТЭС и АЭС с использованием различных технологий регенерации. Выполнение сравнительного анализа программ CADIX и Ion Exchange Design осуществлялось при проектировании условной ВПУ с использованием различных способов регенерации ионитных фильтров.

Программа CADIX (Computer Aided Design for Ion eXchange – Компьютерное проектирование для ионного обмена) – компьютерная программа проектирования систем ионного обмена, разработанная компанией DOW CHEMICAL. Программа CADIX является универсальным ионообменным инженерным инструментом для проектирования и анализа существующих рабочих систем водоподготовки. Более того, программа CADIX обеспечивает оценку экономической обоснованности переоборудования ионообменных систем водоподготовки с использованием противоточных технологий UPCORE или Packed Bed. CADIX позволяет проектировать одновременно как проточное, так и противоточное регенерирование фильтров умягчения и обессоливания с использованием ионообменных смол марки DOWEX. К достоинствам программы CADIX можно отнести то, что при введении неверных параметров программа автоматически уведомляет об ошибке и просит скорректировать данные, а также позволяет изменять любой параметр и в режиме реального времени отслеживать изменения выходных характеристик.

Немаловажными факторами при оценке экономической и экологической эффективности работы фильтров являются качество и количество сточных вод. Расчет качества и количества сточных вод проводится в программе CADIX как для прямочной, так и для противочной регенерации. В обоих случаях стоки разделяются на две части «грязные» и «чистые» стоки. Первые составляют примерно 1/3 от объема всех сточных вод, имеют более высокую концентрацию ионов и направляются на нейтрализацию.

Программа Ion Exchange Design – компьютерная программа для проектирования систем ионного обмена, разработанная фирмой Purolite. Она предназначена для использования инженерами-проектировщиками, которые имеют опыт проектирования таких систем. По своей структуре программа является очень гибкой и позволяет осуществить многие вариации в зависимости от конкретных параметров пользователя, что позволяет исследовать влияние изменения множества различных факторов на проектируемую им систему. После ввода всех требуемых параметров сама программа будет генерировать предупреждения, если работа с системой ведется 'ошибочным образом', поэтому, при условии, что на эти предупреждения будет обращено должное внимание, программа может создавать функциональную конструкцию. Программа также следит за соблюдением равенства количества катионов и анионов и производит расчет качества и количества сточных вод для прямочной и противочной регенерации.

В [13, 14] автором было проведено исследование малосточности технологий водоподготовки на ТЭС с использованием различных технологий обессоливания воды. Выполнение сравнительного анализа эффективности схем водоподготовки осуществлялось с использованием программы CADIX, описанной выше, и ROSA при проектировании малосточной ВПУ ТЭС с использованием различных способов подготовки обессоленной воды (противочной технологии ионного обмена и баромембранной технологии обратного осмоса).

Программа ROSA – компьютерная программа для расчета баромембранных установок обессоливания воды по технологиям обратного осмоса и нанофильтрации с применением мембранных элементов FILMTEC, разработанная компанией DOW CHEMICAL. Программа позволяет быстро и легко выполнить предварительные расчеты показателей работы элементов FILMTEC в конкретных условиях. Для оценки работы баромембранных установок необходимо сделать несколько вариантов расчетов с разными параметрами. Программа позволяет рассчитывать двухступенчатые схемы с рециклом концентрата, когда часть его потока возвращается для подмеса к питательной воде той же или предыдущей ступени. Программа производит расчет качества и количества фильтрата и концентрата баромембранных установок.

Winflows – компьютерная программа для расчета баромембранных установок, разработанная компанией Osmonics. Программа очень удобна в расчетах серьезных систем, состоящих из рулонных мембранных элементов. Требуется знания основ проектирования мембранных установок. Программа позволяет рассчитывать двух- и трехступенчатые схемы с рециклом концентрата. Содержит технико-экономические расчеты эксплуатационных затрат на содержание системы. К достоинствам программы Winflows можно отнести расчет ступени дообессоливания пермеата обратноосмотических установок на установке электродеионизации (ЭДИ).

Заключение. Существующие в настоящее время компьютерные программы призваны помочь инженерам и производителям оригинального оборудования водоподготовки настроить компоненты для обработки воды лучше и быстрее посредством применения технологий компьютерного проектирования.

Компьютерные программы проектирования систем ионного обмена CADIX и Ion Exchange Design и баромембранных установок Winflows и ROSA дают возможность получить необходимые данные для выбора основного и вспомогательного оборудования ионообменных и баромембранных установок соответственно, различных эксплуатационных режимов, показателей работы установок. Отличная визуализированность и наглядность

рассмотренных в данной работе программ способствуют минимизации временных затрат на проведение исследования или расчёта.

По результатам работы автора в 2015 году было получено 2 акта внедрения в образовательный процесс кафедры «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета в учебную программу дисциплин «Водоподготовка и водно-химические режимы АЭС» и «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС». Внедрение осуществлено при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Водно-химический комплекс АЭС» и «Водно-химический комплекс ТЭС» соответственно. Указанные виды учебных занятий проводятся со студентами, обучающимися по специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций» и 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» соответственно.

Применение современных технологий и схем обессоливания воды на объектах энергетики позволит сократить использование природной воды и реагентов, а также объем сточных вод и концентрацию ионов в сточных водах и снизить за счет этого негативное воздействие ТЭС и АЭС на гидросферу.

Литература

1. Выбор метода водоподготовки на ТЭС различных типов / А.С. Седлов, Е.Н. Потапкина, А.П. Рыков и др. // Вестник МЭИ, №4, 2004. С. 26-32.
2. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программные расчеты: учебное пособие для ВУЗов / А.С. Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. Хаютина Е.С. Новое оборудование требует модернизации водоподготовки и водного режима // Энергетика Беларуси, № 17, 2015. – С. 5. – №18, 2015. – С. 6.
4. Опыт совершенствования технологий обессоливания воды на ТЭС / А.С. Седлов, В.В. Шищенко, Б.М. Ларин, А.Б. Ларин, Е.Н. Потапкина, Ф.Р. Хазиахметова // Электрические станции, № 10, 2010. С. 13–21.
5. Внедрение противоточной технологии UPCORE фирмы «Дау Кэмикал» (США) на ВПУ по обессоливанию ТЭЦ-12 МОСЭНЕРГО / И.И. Боровкова, И.С. Балаев, С.Л. Громов, В.А. Сидоров, В.А. Шуляев // Электрические станции, № 5, 2000. С. 29-31.
6. Громов С.Л. Технологические преимущества процесса противоточной регенерации ионообменных смол UPCORE: промывка взрывлением // Теплоэнергетика, № 3, 1998. С. 52-55.
7. Опыт НПК «МЕДИАНА-ФИЛЬТР» в области модернизации ВПУ в энергетике// Реконструкция энергетики – 2010, 2010. С. 121-123.
8. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов/ А.С. Копылов, В.М. Лаврыгин, В.Ф. Очков. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
9. Копылов А.С., Очков В.Ф. Современные методы водоподготовки. Информационная и расчетная поддержка прогрессивных технологий // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение; №0, 2008. С.36-39.
10. Римашевская Е.Д. Совершенствование проектирования водоподготовительных установок тепловых и атомных электрических станций с использованием компьютерных технологий // Информатизация инженерного образования. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С.415-419.
11. Родина Е.В., Римашевская Е.Д. Исследование программного проектирования ВПУ ТЭС и АЭС // Энергия-2015, Том 1, 2015. С.103-105.
12. Родина Е.В., Римашевская Е.Д. Исследование компьютерных программ проектирования ВПУ ТЭС и АЭС // Энергия 2015, конкурс докладов по электроэнергетическим и электротехническим тематикам СИГРЭ. Вестник Российского национального комитета СИГРЭ, №7, 2015. С. 76-80.
13. Римашевская Е.Д. Совершенствование малоотходных технологий ХВО // Актуальные проблемы энергетики, №71, 2015. С.254-227.
14. Римашевская Е.Д. Разработка малосточной ВПУ ТЭЦ // Электроэнергетика глазами молодежи – 2015, том 2, 2015. – С.358-363.