

Список использованных источников

1. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды / П. А. Колесников. – Москва: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
2. Чичиндаев, А. В. Теплообмен в системе «человек – окружающая среда» в условиях низких температур / А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 214 с.
3. Parsons, K. Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance / K. Parsons. – London: CRC Press, 2002. – 560 p.
4. Fiala, D. Physiological modeling for technical clinical and research applications / D. Fiala // Journal of Frontiers in Bioscience-Scholar, 2010, Vol. 2, № 3. – 2010 – P. 939–968.

УДК 677.023.77

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ WAVE ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧАСТКА ВОДОПОДГОТОВКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Столяренко В.И., асс., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.
*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Рассмотрены возможности проектирования участка водоподготовки промышленной котельной с использованием программного обеспечения WAVE. Проведен анализ системных требований к оборудованию и программному обеспечению. Описана методика работы с программой на примере расчета ионообменной технологии обессоливания.

Ключевые слова: программное обеспечение WAVE, промышленная котельная, участок водоподготовки, ионообменная очистка, водоподготовка.

Технология водоподготовки является сложным многоплановым процессом и в настоящее время представляет собой конгломерат физико-химических процессов, объединённых в различные комбинации.

Традиционно сложившиеся в промышленности энергетике и коммунальном хозяйстве процессы водоподготовки достаточно подробно описаны в справочной литературе. [1, 2, 3].

Анализируя схемы водоподготовки, можно прийти к выводу, что в большинстве случаев для достижения желаемого качества очистки воды требуется более одной технологии. Большинство программного обеспечения для проектирования водоочистных сооружений не позволяет оптимизировать несколько технологических систем, требуя отдельного программного обеспечения для каждой.

Программа Water Application Value Engine (WAVE) – это первая, в отрасли полностью интегрированная бесплатная программа для моделирования процессов водоподготовки, объединяющая ведущие современные технологии – ультрафильтрацию (UF), обратный осмос (RO), ионный обмен (IX), – в один комплексный инструмент. Используя общий интерфейс, она упрощает процесс проектирования и в конечном итоге помогает сократить время, необходимое для проектирования системы водоподготовки, позволяет моделировать более эффективно и точно, быстрее создавать более эффективные многотехнологические системы [4].

Программа имеет следующие требования к программному обеспечению: Windows Installer 3.1 (Установщик Windows 3.1) или более поздней версии, клиент Microsoft .NET Framework 4.0, SQL Server Compact Edition 3.5 или более поздней версии.

Требования к оборудованию: минимальное требуемое дисковое пространство 120 МБ (для приложения WAVE), 50 МБ (клиентский профиль .Net Framework), 3 МБ (для SQL Server CE). Требуется одна из следующих ОС: пакет обновления 3 для Windows XP, Windows 10, Windows Сервер 2008, Windows Vista, Windows 7 Максимальная / Профессиональная / Корпоративная / Домашняя расширенная / Домашняя базовая. [4]

Особенности расчета обратного осмоса (RO): программа предлагает новейшую базу данных продуктов DuPont RO с улучшенными расчетами, каждый элемент в сосуде под давлением теперь может быть определен однозначно, представлены обходные, проходные и ступенчатые контуры рециркуляции концентрата, встроены новый калькулятор потери гидравлического напора на уровне системы; предусмотрено пакетное моделирование с возможностью одновременного создания пакетного отчета, имеется возможность проектирования условия работы по положению элемента, возможность добавление падения давления в отчеты.

Особенности расчета ионного обмена (IX): программа включает полную линейку продуктов DuPont IX. Имеет способность моделировать 13 процессов ионного обмена, включая умягчение, деалкализацию (удаления ионов щелочности), деминерализацию, очистку RO/IX (обратный осмос, совмещенный с ионным обменом), очистку конденсата и удаление нитратов. Семь схем регенерации (IX), включая прямоточные, насадочные слои с водяной или воздушной блокировкой, системы уплотненных слоев, а также внутренние и внешние смешанные уплотненные слои.

Особенности расчета ультрафильтрации (УФ). Программа включает новейшие продукты DuPont. Различает питьевые и не питьевые продукты. Обновлены рекомендации по проектированию и кривые номинального давления. Предусмотрена возможность тестирования целостности мембраны, возможность указать pH для химической усиленной обратной промывки (CEB) и очистки на месте (CIP), ввести наклоны трансмембранного давления (TMP), разработать конструкцию для постоянного потока по сравнению с постоянной производительностью и использовать концентрат обратного осмоса для отмывки.

Кроме того WAVE позволяет удалять растворенные газы и органику, корректировать pH. WAVE по сути является объединением различного программного обеспечения для расчета отдельных технологий водоподготовки ROSA, UNFLOW, IXCALC, CADIX. В программу встроены библиотеки оборудования, химических реагентов, различных величин измерения, а также стоимости расходов в различных валютах с возможностью расширения данных библиотек пользователем.

Краткое описание работы в программе

На начальном экране производится предварительная блочная компоновка ВПУ. На предочистке доступна ультрафильтрация и ионный обмен. При основной очистке – обратный осмос или ионный обмен. При дополнительной очистке – фильтры смешанного действия (ФСД). Требуемая производительность установки определяется расходом исходной либо подготовленной воды.

В окне – исходная вода (Feed Water), необходимо ввести характеристики исходной воды. В области (Feed Parameters) задается тип и подтип источника воды, показатели мутности (Turbidity), количества грубодисперсных примесей (TSS), индекс плотности ила (SDI), содержание органики (Organics), диапазон допустимого изменения температуры обработки (Temperature), показатель pH, катионный (Cations) и анионный (Anions) состав исходной воды. При этом программа сама рассчитывает общую минерализацию (Total Dissolved Solids), величину $CaCO_3$ (Total ppm $CaCO_3$), удельную электропроводимость (Estimated Conductivity) и выполнение условия электронейтральности (Charge Balance).

В разделе ввод параметров ионообменной обработки (IX Initialization) присутствует возможность оценки уже существующего проекта, модернизации проекта либо расчета нового проекта установки. Расчет параметров новой установки начинается с указания количества фильтров, находящихся в работе и в резерве, скорость подачи воды либо длительность цикла работы фильтров, возможности создания резервной подпитки в обход системы из резервуара накопителя. Программа учитывает ранее введенную на начальном экране производительность установки.

Раздел конфигурация фильтра и системы регенерации (Vessel and Regeneration System) позволяет выбрать вид загрузки ионообменной смолы и системы регенерации.

UPCORE – технология противоточной регенерации ионообменных смол; Амберпак – технология с зажатым слоем с рабочим циклом в направлении снизу вверх, и регенерацией сверху вниз, Air block – технология с блокировкой слоя ионита сжатым воздухом, Water block – технология с блокировкой слоя ионита дополнительным потоком воды, Co-current – прямоточная (параллельно поточная) технология. Так же в данном разделе графически отображается схема построения цепочки фильтров.

Раздел выбор ионитов (Resin Selection) – здесь выбираются марки ионообменных смол. В программе встроены каталоги ионообменных смол следующих фирм: DOWEX™, AMBERLITE™ /

AMBERJET™ / AMBERSEP™, DUOLITE™.

В разделе условие регенерации (Regeneration Conditions) и дополнительные параметры регенерации (Advanced Regeneration) выбираются реагенты для регенерации, их концентрации и температуры, источник воды, этапы операции и другие настройки.

В разделе качество продукта и доза регенерации (Product Quality and Regenerant Dose) дается оценка процесса регенерации ионообменной смолы.

При выборе вкладки <Отчет> (Summary Report) программа генерирует результаты проектирования по выбранным ступеням очистки, которые включают выбранное оборудование, схемы его подключения, режимы работы, виды и количество дозируемых реагентов, качество пермеата и концентрата и еще многих параметров. (Пермеат – поток вещества, проходящий через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения.)

Вывод: программа обладает высокими функциональными возможностями, практически полностью перекрывающими потребности в расчете и проектировании полного комплекса участка водоподготовки. Программа является профессиональным специализированным инструментом проектирования участка водоподготовки, требует долгосрочного обучения для освоения полного функционала программы. Программа однозначно является полезным инструментом и вполне может быть использована при подготовке специалистов соответствующего профиля. Ввиду сложности освоения полного функционала программы в ходе учебного процесса, при подготовке специалистов энергетического профиля предполагается ознакомление с ключевыми методиками расчета схем водоподготовки промышленного предприятия.

Список использованных источников

1. Копылов, А. С., Лавыгин, В. М., Очков, В. Ф. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2003.
2. Ларин, Б. М. Теоретические основы химико-технологических процессов на ТЭС и АЭС: учебное пособие. Иваново: Иван. Гос. энерг. ун-т, 2002.
3. Рябчиков, Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б. Е. Рябчиков. М.: Дели Принт, 2004.
4. Программное обеспечение для проектирования водоподготовки WAVE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dupont.com/water/resources/design-software.html>. – Дата доступа: 16.04.2024.

УДК 536-3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

**Федосеев Г.Н., к.т.н., доц., Граков Е.А., студ., Кременецкая Д.С., студ.,
Муравский И.О., студ.**

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В докладе используются дифференциальные уравнения термодинамики, в частности, уравнения Максвелла и уравнения для теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме. Частные производные параметров состояния, выполняемые при условии постоянства энтропии, определяются в адиабатном процессе. При этом дифференцируются уравнения Пуассона и Клайперона. В итоге находятся искомые теплоемкости идеального газа и отношение теплоемкостей.

Ключевые слова: теплоемкость, энтропия, давление, удельный объем, изоэнтروпный процесс, частные производные параметров.

Теплоёмкость при постоянном давлении [1, с. 109]

$$C_p = T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_s \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p, \quad (1)$$