

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ
НА ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В данной работе проводится выявление структурных свойств процесса водоподготовки на тепловой электростанции (ТЭС) как сложной химико-технологической схемы (СХТС). Этап структуризации [1] является начальным этапом построения математической модели (ММ) любой СХТС. В дальнейшем предполагается использовать ММ в оптимизации режимов водоподготовки на периодах функционирования ТЭС. Для этого надо сформировать *оптимальный расчетный модуль* [2] ММ СХТС: объем вычислений в задачах оптимизации СХТС весьма критичен, число обращений к расчетному модулю велико. В расчетном модуле производится иерархическое агрегирование математических моделей отдельных процессов и аппаратов. Организуются параллельные вычисления на вычислительном кластере, что является обнадеживающей тенденцией к решению многих сложных задач большой размерности, которые до недавнего времени практического значения не имели из-за невозможности их реализации на ЭВМ.

В данной работе мы рассматриваем процесс водоподготовки на ТЭЦ г. Тамбова. На рис. 1 приведена схема процесса. Вода, поступающая в аппарат 1, смешивается с реагентами находящимися в специализированных емкостях 14, 15, 16, 17. Реагенты вступают в химические реакции и происходит отделение крупных частиц и выпадение их в осадок.

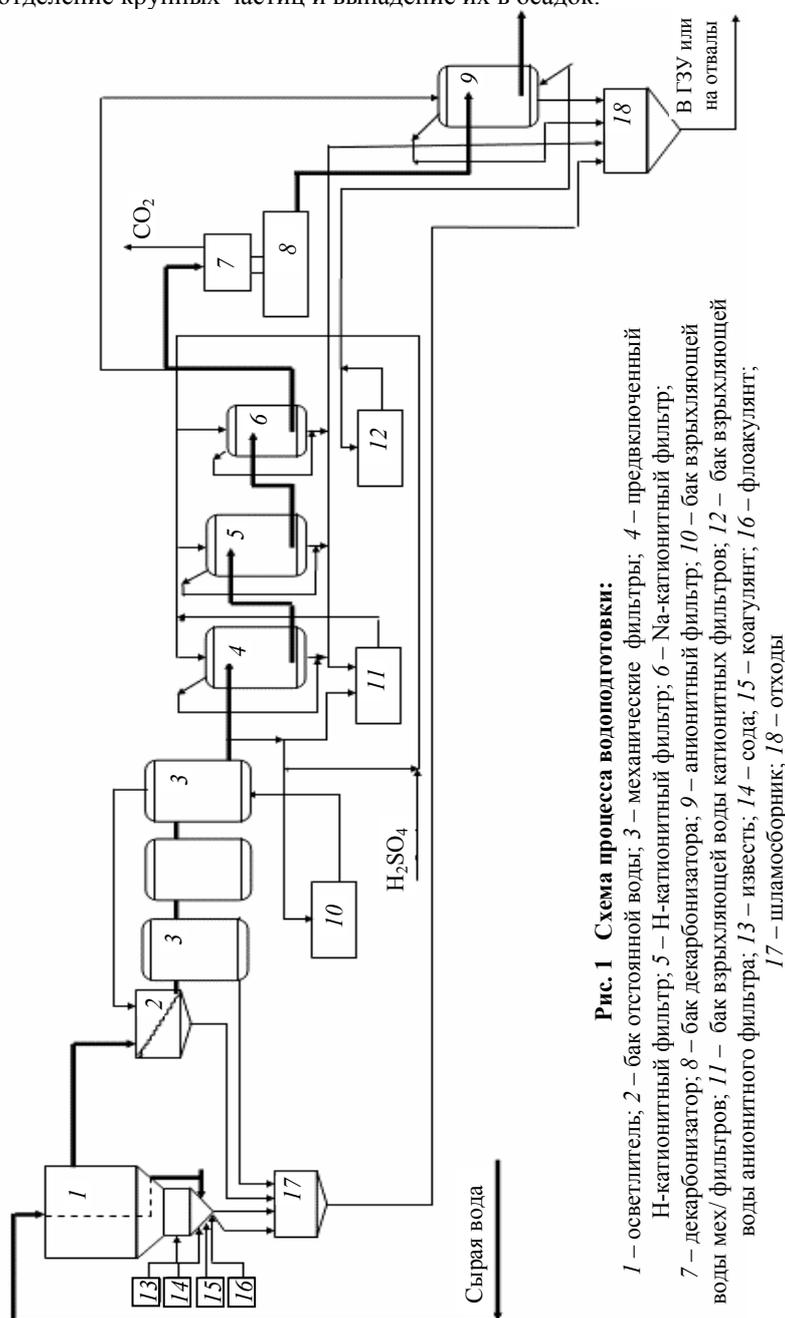


Рис. 1 Схема процесса водоподготовки:

1 – осветлитель; 2 – бак отстояной воды; 3 – механические фильтры; 4 – предвключенный H-катионитный фильтр; 5 – H-катионитный фильтр; 6 – Na-катионитный фильтр; 7 – декарбонизатор; 8 – бак взрыхляющей воды мех/фильтров; 9 – бак взрыхляющей воды катионитных фильтров; 10 – бак взрыхляющей воды; 11 – бак взрыхляющей воды; 12 – бак взрыхляющей воды; 13 – известь; 14 – сода; 15 – флокулянт; 16 – флокулянт; 17 – шламособорник; 18 – отходы

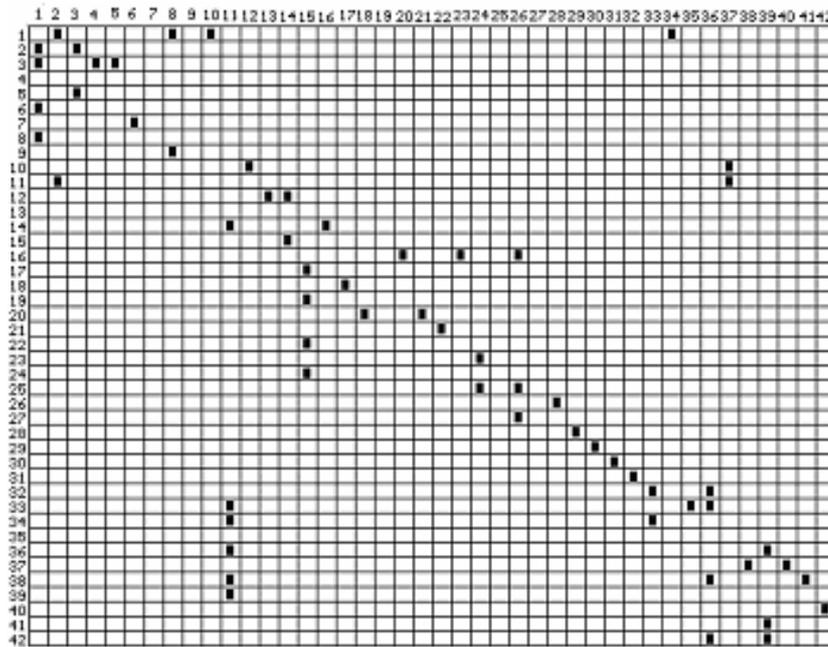


Рис. 2 Матрица смежности процесса водоподготовки на Тамбовской ТЭС

Далее осветленная вода поступает в бак 2 для окончательного отстаивания, а затем вода подается на зернистые фильтры 3. После их прохождения вода почти не содержит взвесей и пригодна для использования в ионитных фильтрах. Задержанные загрязнения удаляют промывкой водой снизу вверх из бака 10. Предварительно очищенная вода поступает на ионитную стадию обработки в аппараты 4, 5 и 6. Вода освобождается от примесей углекислоты в декарбонизаторах 7, 8 и поступает на завершающую стадию водоподготовки – анионитные фильтры 9. Промывка ионитных и анионитных фильтров осуществляется путем подачи воды из аппаратов 11 и 12. Все примеси и осадки отводятся в бак 19. Результат структуризации – матрица смежности [1], приведена на рис. 2.

На основе полученной матрицы смежности предполагается построение ряда матриц, уточняющих структуру математической модели процесса водоподготовки в соответствии с концепциями структурного анализа, изложенными в работе [2]. Прежде всего, необходимо провести параметризацию графа – назначить параметричности связей между объектами математической модели и, тем самым, осуществить переход от традиционной матрицы смежности $\mathbf{X} = (x_{ij})_{n,n}$ к взвешенной матрице смежности $\mathbf{S} = (s_{ij})_{n,n}$. Здесь n – число вершин графа, являющегося отображением структуры математической модели; x_{ij} – элемент традиционной матрицы смежности, равный 1, если существует связь между объектами по направлению от вершины с номером i к вершине с номером j , что обозначается как $\{i \rightarrow j\} \in G(V, D)$. Если $\{i \rightarrow j\} \notin G(V, D)$, то $x_{ij} = 0$. Обозначение $G(V, D)$ – граф исследуемой системы, в данном случае математической модели процесса водоподготовки; $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество вершин, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – множество дуг графа G . На этапе формирования G производится замена транзитивных и параллельных дуг на их обобщенные аналоги. Будем полагать, что параметричность связей в системе представима положительными вещественными числами s_{ij} , причем $x_i = \text{sign}(s_{ij})$. Простейший способ назначения параметричностей очевиден: s_{ij} – есть число переменных, передаваемых при блочном расчете системы из математической модели, свойственной вершине графа с номером i , в математическую модель, свойственную вершине с номером j . Мы уточняем параметричность, вводя в рассмотрение весовой коэффициент $\gamma_{ij} \in (0, 1]$. Элемент взвешенной матрицы смежности $s_{ij} = \gamma_{ij} p_{ij}$, где p_{ij} – число переменных, передаваемых от математической модели i к математической модели j . Весовой коэффициент γ_{ij} близок к нулю, если информация, получаемая в результате расчета математической модели i -той вершины, недостоверна; при полной достоверности информации (все переменные, входящие в дугу $\{i \rightarrow j\}$ вычисляются на основе достоверной информации) весовой коэффициент γ_{ij} равен 1. Далее в рассмотрение вводятся: $\mathbf{K} = (k_{ij})_{r,m}$, взвешенная матрица контуров, и $\mathbf{B} = (b_{ij})_{n,m}$ – взвешенная матрица инцидентности. Здесь m – число дуг, r – число контуров. Процесс взвешивания этих матриц начинается с подсчета контуров, в которые входят дуги графа G ; по возрастанию контурности дуг (числа вхождений дуг в контуры) производится сортировка столбцов матрицы контуров, а затем единичные элементы заменяются произведением параметричности дуг на соответствующую им контурность. Взвешенная матрица инцидентности формируется уже с учетом новой нумерации дуг, полученной на этапе формирования матрицы \mathbf{K} : элементы классической матрицы инцидентности, равные –1, заменяются на параметричность (элемент матрицы \mathbf{S}) соответствующей дуги, а элементы, равные +1, на удвоенную параметричность.

Результатом структуризации процесса водоподготовки является оптимальный расчетный модуль системы, полученный путем анализа спектра симметричной матрицы сложности $\mathbf{W} = (\mathbf{SBK}^T)(\mathbf{SBK}^T)^T$.

Расчетный модуль составляется с учетом возможного распараллеливания вычислений на компьютерном кластере и подразумевает организацию итерационных циклов по оптимальной иерархии разрывов дуг. В таком и только в таком виде математическая модель водоподготовки становится пригодной для целей дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Островский Г.М., Волин Ю.М. Моделирование сложных химико-технологических схем. М.: Химия, 1975. 311 с.
- 2 Толстых С.С. Матричный критерий сложности замкнутых систем // Вестник ТГТУ. Тамбов. 1998. Т. 4, № 2-3.

Кафедра «Информационные процессы и управление»