

нием диаметров магистралей. Это позволит получить тепловую сеть, которая будет работать в оптимальном режиме с гарантированным напором и расходом у каждого потребителя.

#### Список литературы

1. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 275).
2. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 279).

УДК 621.182

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СБРОСНЫХ ВОД ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

*Н. С. Глазырина, К. А. Дюсекеев*

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
(г. Нур-Султан, Казахстан)*

В статье приведены новые параметры оптимизации технологического процесса подготовки воды на тепловой электростанции. Описана технология использования сбросных вод водоподготовительной установки с учетом этих параметров.

**Ключевые слова:** сбросные воды, параметры оптимизации, режим работы фильтра, снижение расхода воды.

The article presents new parameters for optimizing the technological process of water treatment at a thermal power plant. The technology of using waste water from a water treatment plant with these parameters is described.

**Keywords:** waste water, optimization parameters, filter operation mode, reduction of water consumption.

Теплоэнергетический комплекс и многие отрасли промышленности нуждаются в производстве воды высокого качества для технологических целей. Концентрация солей в этой воде должна быть в десятки тысяч раз меньше, чем в исходной природной воде. В настоящее время актуальной задачей при создании систем водоподготовки является использование инновационных технологий, направленных на повышение энергоэффективности производства, снижение эксплуатационных затрат и вредного воздействия теплоэнергетического комплекса на окружающую среду. В связи с этим, был проведен анализ работы водоподготовительной установки (ВПУ) АО «Евроазиатская энергетическая корпорация» (АО «ЕЭК») и разработана технология очистки воды для котлов сверхкритических параметров с повторным использованием сбросных вод.

На ТЭС АО «ЕЭК» эксплуатируются прямоточные котлы сверхкритического давления. Источником водообеспечения АО «ЕЭК» является река Иртыш. Качество воды в реке Иртыш приведено в таблице 1.

Таблица 1

Качество воды в реке Иртыш

Показатель	Ед. измер.	Значение
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	344
Окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	6,7
Щелочность	мг-экв/дм <sup>3</sup>	2,7
Жесткость общая	мг-экв/дм <sup>3</sup>	2,7
Жесткость карбонатная	мг-экв/дм <sup>3</sup>	2,6
Mg <sup>2+</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	17
pH	—	7,1
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	28,1
Fe <sup>3+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	21,85
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	5,6
Na <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	36,1
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	34
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	165
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	31,7
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3
Взвешенные вещества,	мг/дм <sup>3</sup>	172
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	5,6
Примечание – Составлено по источнику [1, с.12]		

Нормы качества обессоленной воды для подпитки прямоточных котлов, которым должна удовлетворять обработанная вода, приведены в таблице 2 [2, с. 319].

Для подготовки добавочной воды котлов сверхкритического давления тепловой электростанции АО «ЕЭК», которая удовлетворяет необходимым требованиям, применяют трехступенчатую схему глубокого химического обессоливания производительностью основной водо-подготовительной установки 300 т/ч и дополнительной цепочки – обессоливающей установки ОУ-2, производительностью 150 т/ч.

Таблица 2

Требуемое качество питательной воды прямоточных котлов

<i>Показатель</i>	<i>Единицы измерения</i>	<i>Значение</i>
Общая жесткость	мкг-экв/дм <sup>3</sup>	не более 0,2
Соединения натрия	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 5
Кремниевая кислота	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 15
Соединения железа	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 10
Растворенный кислород	мкг/дм <sup>3</sup>	100-400
Удельная электрическая проводимость	мкСм/см	не более 0,3
Соединения меди в воде перед деаэратором	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 5
Растворенный кислород в воде после деаэратора	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 10
Значение рН		6,5-7,5
Содержание нефтепродуктов (до конденсатоочистки)	мкг/дм <sup>3</sup>	не более 0,1

Обработка исходной воды ведется в две стадии:

– на первой стадии (предварительная очистка) – осаждением в осветлителях под действием реагентов – коагулянта и флокулянта и последующей фильтрацией в механических фильтрах (МФ);

– на второй стадии (глубокая очистка) – фильтрацией через ионитные фильтры, загруженными специальными ионообменными материалами. Схема глубокой очистки предусматривает последовательную обработку воды на:

- Н-катионитовых фильтрах первой ступени;
- ОН-анионитных фильтрах первой ступени;
- удаление угольной кислоты в декарбонизаторах;
- Н-катионитных фильтрах второй ступени;
- ОН-анионитных фильтрах второй ступени;
- Н-катионитных фильтрах третьей ступени;
- ОН-анионитных фильтрах третьей ступени.

Анализ результатов исследований существующей технологии очистки воды на тепловой электростанции АО «ЕЭК» показал, что при переключении режимов работы фильтров используются следующие параметры:

- объем пропущенной воды или раствора;
- в катионитных фильтрах – кислотность, на первой ступени и содержание катионов натрия на второй и третьей ступенях;
- в анионитных фильтрах – щелочность, содержание анионов хлора на первой ступени, содержание анионов кремния на второй и третьей ступенях.

Используемые параметры не позволяют эксплуатировать оборудование схемы очистки воды в режиме, даже приближенному к оптимальному режиму, по следующим причинам:

- в связи с длительной периодичностью проведения анализов очищаемой воды, переключение режимов работы фильтра происходит с большой задержкой, что приводит к резкому ухудшению качества очищаемой воды;
- тот факт, что скорость пропуска воды через фильтр не используется в качестве параметра оптимизации, приводит к тому, что не соблюдаются оптимальные скорости фильтрации, что в свою очередь приводит к увеличению количества работающих фильтров, а, соответственно, и к увеличению расходов воды на собственные нужды. Кроме этого, наблюдается увеличение сбросных вод в реку Иртыш, что приводит к загрязнению водных источников.

В результате проведенных исследований схемы трехступенчатого обессоливания были определены новые параметры оптимизации технологического процесса подготовки воды:

- количество сбросной воды с ионитных фильтров после взрыхления;
- количество сбросной воды с ионитных фильтров после отмывки;
- скорость пропуска воды при фильтрации, что позволит снизить количество работающих фильтров;
- удельный расход реагентов на регенерацию ионита.

Используя новые параметры оптимизации режима работы ВПУ, были разработаны новые схема, алгоритм работы ионитных фильтров и технология очистки воды для котлов сверхкритических параметров с повторным использованием сбросных вод, при этом в процессе разработки был проведен глубокий анализ существующих технологий утилизации сточных вод водоподготовительных установок ТЭС [3,4].

Для внедрения технологии повторного использования сбросных вод водоподготовительной установки необходимо на существующей схеме очистки воды провести следующую реконструкцию:

1. После механических фильтров установить ступень натрий-катионирования с использованием сильнокислотного катионита КУ-2-8. Вследствие этого, удельный расход кислоты на регенерацию следующего по технологии фильтра уменьшится с 300 г/г-экв до стехиометрического расхода 49 г/г-экв, что позволит на первой ступени Н-катионитных фильтров снизить удельный расход кислоты на регенерацию в 6 раз. Также это позволит удалить соли жесткости из воды на 95%.

2. Регенерационные линии Н-катионитных фильтров первой и второй степеней (выход второй ступени и вход первой ступени) необходимо объединить, что позволит выполнить совместную регенерацию: вход кислоты в Н-катионитные фильтры второй ступени – сверху, далее регенерационный раствор с фильтров второй ступени направить в Н-катионитные фильтры первой ступени, также с подачей сверху вниз. Для совместной регенерации принимается общий суммарный расход кислоты, необходимый для регенерации первой и второй степеней, но на 20% меньше суммарного расхода, требуемого для отдельной регенерации каждой ступени. При этом, и первая, и вторая ступени регенерируются «глубоко» – на 100%, в отличие от классической схемы регенерации, при которой фильтры регенерируются только на 80%. Обменная емкость катионита в Н-катионитном фильтре первой ступени срабатывается при фильтрации практически полностью. В случае если фильтр второй ступени еще не сработался, а появилась необходимость регенерации фильтра первой ступени, то эту регенерацию проводить по общепринятой схеме, но с 80%-м расходом кислоты от расчетного значения.

Аналогично должны эксплуатироваться анионитные фильтры первой и второй ступени. Анионитный фильтр любой ступени, должен работать на кислой воде после катионитных фильтров, т.к. ионообменная работа анионита наиболее эффективна в кислой воде. Катионитные и анионитные фильтры третьей ступени эксплуатируются в обычном режиме.

3. При взрыхлении всех фильтров, включая и натрий-катионитные фильтры, первую порцию воды, находящуюся над слоем ионита, необходимо отбирать для возврата в схему очистки. Вода с анионитных фильтров второй ступени и катионитных второй ступени должна быть направлена в баки декарбонизованной воды, с Na-катионитных фильтров, с анионитных фильтров первой ступени и с Н-катионитных фильтров первой ступени вода направляется в бак осветленной воды (БОВ), откуда подается на очистку в механические фильтры. После фильтров Н-катионитных третьей ступени и ОН-анионитных третьей ступени – направляется в баки ЧОВ.

Взрыхление необходимо осуществлять следующим образом: взрыхляющая вода подается снизу-вверх со скоростью не более 5 метров в час, чтобы не перемешивать слой чистой воды над ионитом с водой в слое ионита. Вода возвращается в схему очистки до снижения значения прозрачности, равным 30 см по шрифту. После этого идет взрыхление в обычном режиме в течение 15-20 минут.

Расчет трехступенчатой схемы глубокого химического обессоливания показал, что после внедрения технологии повторного использования сбросных вод водоподготовительной установки, которая позволяет возвращать в цикл очищенную на предыдущих ступенях воду в объеме, равном объему «водяной подушки», расположенной сверху фильтра над слоем ионита, а также использовать часть отмывочной воды для взрыхления ионитных фильтров, что достигнуто снижение расходов воды на собственные нужды на 24,24%. При этом годовой расход воды на собственные нужды, без учета механических фильтров, снизился с 317388,7 м<sup>3</sup> до 240437,0 м<sup>3</sup>.

#### Список литературы

1. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – Изд. 2-е. – М.: Энергия, 1976. – 288 с.

2. Пособие для изучения «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (тепломеханическая часть). – 2-е изд. / под ред. Л.Б. Герцвольфа. – М.: НЦ ЭНАС, 2000. – 480 с.
3. Покровский В.И., Аракчеев В.П. Очистка сбросных вод тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1980. – 256 с.
4. Мамет А.П., Таратута В.А., Юрчевский Е.Б. Принципы создания малоотходных водоподготовительных установок // Теплоэнергетика. – М., 1992. – №7. – С. 2-5.

УДК 628.852

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Н. Д. Шалак, Л. В. Галимова**  
*Астраханский государственный  
 архитектурно-строительный университет  
 (г. Астрахань, Россия)*

На состояние организма человека и его работоспособность большое влияние оказывает климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями климатических параметров воздушной среды помещений. С помощью натурального эксперимента были выявлены отклонения параметров микроклимата от нормируемых требований, причем максимальные отклонения наблюдаются в местах расположения отопительных приборов. Разница между замеренными температурами в двух аудиториях не значительна, что означает что такая ситуация наблюдается во всех аудиториях учебного корпуса.

**Ключевые слова:** микроклимат, учебные помещения, температура, комфортные условия.

The state of the human body and its performance are greatly influenced by the climate of the indoor environment, which is determined by the combinations of climatic parameters of the indoor air environment that affect the human body. Using a full-scale experiment, deviations of the microclimate parameters from normalized requirements were identified, and the maximum deviations are observed at the locations of the heating devices. The difference between the measured temperatures in the two classrooms is not significant, which means that this situation is observed in all classrooms of the educational building.

**Keywords:** microclimate, classrooms, temperature, comfortable conditions.

Климатические условия в помещениях определяются сочетанием температуры, влажности и подвижности воздуха, а также температурой окружающих поверхностей и их тепловым излучением. Эти параметры оказывают прямое воздействие на человека, его самочувствие, здоровье и работоспособность.

Учитывая, что учебные аудитории предназначены для постоянного пребывания обучающихся в течении длительного времени, климатические параметры этих помещений особенно важны, так как непосредственно влияют на способность студентов к обучению.

Прежде чем судить о микроклимате помещения и принимать какие-то решения по его корректировке, нужно определенным образом и по определенным параметрам определить его реальное состояние, то есть провести исследование климатических условий в помещении.

Температура в помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия окружающей среды. В данной статье исследовались радиационные температуры различных поверхностей помещения.

В качестве объекта исследования взяты две студенческие аудитории учебного корпуса Астраханского государственного архитектурно-строительного университета объемом 150 и 200 м<sup>3</sup>. Система отопления водяная с верхней разводкой, разводящая магистраль находится под потолком помещения. Аудитории не имеют систем вентиляции и кондиционирования, проветривание в них естественное.

В качестве оборудования для тестирования температуры как конвективной, так и радиационной выбран бесконтактный инфракрасный термометр DT-8861 с разрешением показаний 0,1 °С и погрешностью 1%.

Методика проведения замеров представлена на рисунке 1 и 2. В качестве примера были выбраны аудитории 201 и 301, так как эти аудитории наиболее энергозатратны. Замеры точек проводились в горизонтальной и вертикальной плоскости, по правилам нормативной документации.

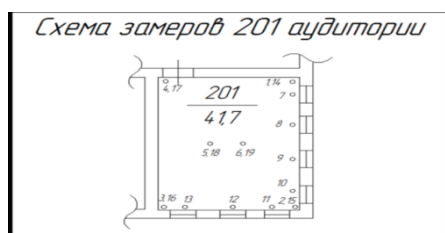


Рис. 1. Схема замеров в плане аудитории 201:

1-4 – точки, расположенные в углу помещения на высоте 0,5 м от пола; 5, 6 – точки, расположенные в центре помещения на высоте 0,5 м от пола; 7-12 – точки, расположенные вблизи отопительного прибора; 14-19 – точки, расположенные в углу помещения на высоте 1,5 м от пола