

Сравнительный анализ работы вертикальных цилиндрических осветлителей ЦНИИ, ВТИ и высокоскоростных осветлителей с пульсационной колонной.

П.О. Мулюкина, А.Ю. Власова, Р.Ф. Камалиева

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Промышленные предприятия предъявляют высокие требования к качеству деминерализованной воды, экономической целесообразности данного процесса, а также его экологичности. Установка очистки воды начинается с предварительной очистки, которая позволяет удалить растворенные взвеси, механические примеси и органические вещества. Чаще всего процесс предварительной очистки организован с применением осветлителей. Тип применяемого осветлителя существенно влияет как на эффективность процесса, так и на его экономические характеристики. В работе представлена сравнительная характеристика работы вертикальных цилиндрических осветлителей ЦНИИ, ВТИ и высокоскоростных осветлителей с пульсационной колонной. Выделены основные эксплуатационные характеристики, а также подсчитана себестоимость осветленной воды при работе разнотипных осветлителей.

Ключевые слова: осветлитель, предварительная очистка, показатели качества очистки, тепловые электрические станции.

Большая часть тепловых электрических станций России располагается около поверхностных водоисточников: реки, озера, водохранилища. Характерным признаком воды в поверхностном источнике является наличие грубодисперсных (взвешенных) веществ, коллоидных примесей, а также органических соединений, которые влияют на такие показатели, как мутность, цветность, перманганатная окисляемость. Поэтому система подготовки воды на ТЭС является двухэтапной: предварительная очистка и обессоливание. Предварительная очистка предназначена для снижения нагрузки на обессоливающий блок и уменьшения образования вторичной накипи. По традиционной технологии известкования и коагуляции в осветлителях в качестве основного оборудования и технологических емкостей используется: осветлитель, бак осветленной воды, механический фильтр [1-3].

Эффективность работы предварительной очистки зависит от типа осветлителя и используемых химических реагентов [4]. Неправильно подобранный тип оборудования напрямую влияет на экономику процесса и приводит к передозировке химических реагентов и как следствие удорожание очищенной воды. Несмотря на имеющиеся современные технологии с высокой степенью экологичности (ультрафильтрация), электрические станции не стремятся модернизировать технологию очистки из-за стабильно высоких эксплуатационных показателей действующих схем. К основным преимуществам относятся: возможность комбинирования процессов осветления и предварительного умягчения, хорошие показатели по обезжелезиванию и удалению коллоидной кремниевой кислоты, отсутствие жидких отходов.

Для работы предварительной очистки могут быть использованы различные типы осветлителей. В работе представлена сравнительная характеристика вертикальных цилиндрических осветлителей ЦНИИ, ВТИ и высокоскоростных осветлителей с пульсационной колонной, определены основные преимущества при работе на различных химических реагентах. Применение высокоскоростных осветлителей оправдано рядом недостатков ЦНИИ и ВТИ, а именно: большие габариты, долгий выход на режим и отсутствия возможности снижать содержание взвешенных веществ до норматива. В то время как в высокоскоростных фильтрах удастся снизить расходы на собственные нужды за счет возврата микропесчаной фракции.

В современной литературе четко обозначается актуальность модернизации устаревших осветлителей. Качество очищенной воды и эффективность работы таких установок не отвечают современным стандартам водоподготовки, что объясняется техническими и конструктивными особенностями данных систем.

Одним из наиболее распространенных методов реконструкции осветлителей является биофлокуляция, что означает использование соответствующих свойств избыточного активного ила или биопленки, которые имеют в своем составе так называемые внеклеточные биополимеры, определяющие пространственное структурирование и биофлокуляцию клеточных образований [5,6]. Многочисленные исследования показали, что использование избыточного ила в качестве биофлокулянта обеспечивает повышение эффективности осаждения любых сточных вод до 85-90% и снижение биохимической потребности в кислороде (БПК) в осветленной воде на 40-50% [7,8]. Другой метод, который необходимо реализовать при реконструкции осветлительных сооружений – это тонкослойные модули для повышения эффективности отстаивания. Л.И. Вольфтруб предлагает внедрять ламинарные модули в процессы водоподготовки на объектах энергетики для устранения проблем нестабильного турбулентного процесса осаждения суспензии в высоком слое (1,5–2 м), низкой эффективности использования объема осветителей и отсутствия эффективной камеры флокуляции [9].

Применение тонкослойных элементов позволяет значительно сократить продолжительность отстаивания и, следовательно, объем резервуаров (продолжительность обработки составляет от 4 до 10 мин). Тонкослойные отстойники позволяют интенсифицировать процесс осаждения взвешенных веществ, а также на 60% сократить необходимый объем и на 25-30% увеличить эффект очистки по сравнению с обычно используемыми отстойниками, а также обеспечить более равномерное распределение поступающего потока воды [7,10]. Возможность применения зависит от конструктивных размеров и состояния строительных конструкций, количества взвешенных твердых частиц и других параметров, однако

трубчатые модули могут быстрее накапливать осадки и требовать большего расхода материала.

Модернизация установок предварительной очистки и получение качественно очищенной воды с минимальным содержанием взвешенных веществ, железа и органических соединений способствует улучшению технико-экономических показателей систем водоподготовки и внедрению передовых технологий на последующих этапах обработки воды.

В ходе предварительной очистки постоянно контролируется качество воды на каждой стадии процесса: исходная, коагулированная, осветленная. Основные требования приведены в таблице №1.

Таблица №1

Требования к качеству вод на стадии предварительной очистки.

Показатель	Исходная вода	Коагулированная вода	Осветленная вода
Взвешенные вещества, мг/дм ³	не более 500	не более 2	не более 2
Содержание железа, мг/дм ³	не более 3	не более 0,3	не более 0,3
Щелочность, мг-экв/дм ³	1,5-5,0	0,5-1,0	не более 3
Жесткость, мг-экв/дм ³	не более 6	не более 6,0	не более 6,0
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	не более 25	не более 5,0	-
Содержание кремниевой кислоты, мг/дм ³	не более 10	-	не более 5,0
Водородный показатель, рН	6,5-9,0	6,5-9,0	10-10,3

Технология предварительной очистки организована так, что подогретая вода до температуры 30-40 °С входит в осветлитель. В осветлитель дозируется хлорное железо в качестве коагулянта и флокулянт марки Praestol

2515. После осветлителя вода проходит промежуточную емкость – бак осветленной воды, и далее направляется на механические фильтры. Условия работы высокоскоростного осветлителя представлены в таблице №2.

Таблица №2

Условия работы высокоскоростного осветлителя

Параметр	Значение
температура воды, °С	25-40
непрерывная продувка, %	1,5-3
доза коагулянта (хлорного железа), мг/дм ³	8-15
доза флокулянта Praestol 2515, мг/дм ³	0,4-0,8
расход кварцевого микропеска с фракцией 0,1-0,2 мм, г/м ³	5
расход воды на отмывочную колонну, м ³ /ч	6-8

Для проведения анализа работы осветлителей был определен спектр измеряемых показателей качества воды: взвешенные веществ, общее железо, щелочность, кремниевая кислота, жесткость общая, перманганатная окисляемость, водородный показатель. В процессе работы осветлителей систематично отбирались пробы воды и анализировались в лаборатории. Эксперимент проводился в течение 6 месяцев, в результатах приведены усредненные значения показателей.

В качестве лабораторного оборудования были использованы следующие приборы: спектрофотометр Shimadzu UV-1800, рН-метр Hanna. Определение значений общего железа и содержания кремниевой кислоты определяли с помощью турбидиметрических методов. Значения общей жесткости, щелочности, перманганатной окисляемости определяли титриметрическим методом.

Результаты эксперимента на высокоскоростных осветлителях типа ВТИ-М-200 представлены в табличном виде (таблица №3).

Таблица №3

Показатели качества вод на поэтапной очистке.

Показатели	Исходная вода	Коагулированная вода	Осветленная вода
Взвешенные вещества, мг/дм ³	2,0 - 9,5	0,58 - 4,74	0,33-2,24
Железо, мг/дм ³	0,29-0,7	0,146-0,721	0,027-0,272
Кремнекислота, мг/дм ³	5,0-9,1	-	2,9-6,1
Щелочность общая, мг-экв/дм ³	1,2-2,4	0,74 - 1,84	0,43-0,72
Жесткость, мг-экв/дм ³	2,5-4,4	-	1,74-3,2
Окисляемость, мгО/дм ³	5,1-11,5	1,6 - 8,32	1,1-3,8
Водородный показатель рН	7,8-8,45	10-10,5	10-10,3

Из полученных результатов можно сделать вывод, что коагулированная вода не отвечает установленным требованиям. Причины несоответствия могут быть связаны с сезонными изменениями качества исходной воды, с некорректно подобранной дозе коагулянта и флокулянта, а также результат неправильно выстроенного рабочего режима осветлителя. Но, несмотря на несоответствия требованиям коагулированной воды, осветленная вода после механических фильтров соответствует требованиям. Наблюдаются небольшие отклонения только по кремниевой кислоте, значение которой иногда превышало 5 мкг/дм³.

В данной работе был проведен сравнительный анализ работы высокоскоростных осветлителей и вертикальных цилиндрических. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице №4. Экспериментальная часть проводилась в течение 6 месяцев, поэтому показатели исходной воды являются усредненными значениями за весь период.

Таблица №4

Показатели качества вод на поэтапной очистке.

Показатели	Исходная вода	Коагулированная вода	Осветленная вода
Взвешенные вещества, мг/дм ³	2,0-9,5	1,58-6,05	0,33-4,24
Железо, мг/дм ³	0,29-0,7	0,28-1,21	0,13-0,63
Кремнекислота, мг/дм ³	5,0-9,1	-	3,9-7,1
Щелочность общая, мг-экв/дм ³	1,2-2,4	0,94-2,54	0,83-1,01
Жесткость, мг-экв/дм ³	2,5-4,4	-	2,74-4,12
Окисляемость, мгО/дм ³	5,1-11,5	2,6-10,32	1,6-4,8
Водородный показатель pH	7,8-8,45	9,5-10,5	9,5-10,5

По результатам эксперимента видно, что коагулированная и осветленная вода часто не соответствуют требованиям, что напрямую зависит от режима работы. В высокоскоростных осветлителях удается очистить воду до требуемых параметров, а в вертикальных цилиндрических осветлителях необходима дополнительная доочистка.

В работе представлены не только результаты по определению эффективности получения осветленной воды на разнотипных осветлителях, но и приведено сравнение их эксплуатационных характеристик (таблица №5).

Таблица №5

Сравнение эксплуатационных характеристик осветлителей.

Параметры	Вертикальные и цилиндрические осветлители ЦНИИ, ВТИ	Высокоскоростной осветлитель с пульсационной колонной
Производительность, м ³ /ч	250	250
Собственные нужды, %	4,5	1,5
Время выхода на режим, мин	40-60	менее 10

Параметры	Вертикальные и цилиндрические осветлители ЦНИИ, ВТИ	Высокоскоростной осветлитель с пульсационной колонной
Содержание взвешенных веществ на выходе из установки, мг/л	не более 10	не более 1
Объем установки, м ³	413	85,7

По эксплуатационным характеристикам осветлители ЦНИИ и ВТИ существенно уступают высокоскоростным с пульсационной колонной, особенно по таким важным параметрам, как время выхода на рабочий режим, остаточное содержание взвешенных веществ, а также расход воды на собственные нужды. Также важно отметить, что высокоскоростные осветлители имеют большую стоимость, но за счет более низких эксплуатационных параметров (эксплуатационные расходы на выработку воды, химические реагенты, фильтрующие материалы, шламовые и минерализованные стоки) себестоимость осветленной воды составила всего лишь 5,37 рублей/ тонну, в то время как для осветлителей типа ЦНИИ, ВТИ себестоимость – 8,03 рублей/тонну.

В данной статье представлены результаты масштабной работы по определению эффективности работы осветлительного оборудования. Модернизация предварительной очистки ВПУ и переход на высокоскоростные осветлители позволит:

1. Снизить затраты на выработку деминерализованной воды;
2. Снизить потребление технической воды и количество стоков за счет снижения собственных нужд;
3. Получить осветленную воду более высокого качества;
4. Получить экономический эффект за счет снижения расхода химических реагентов.

Литература

1. Жадан А.В., Смирнов Б.А., Смирнов О.В., Виноградов В.Н., Аван В.К., Карпычев Е.А. Обобщение опытов предварительной очистки воды на ТЭС // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2011. № 1. С. 10-16.
 2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М.: б.и. 2005, 571 с.
 3. Виноградов В.Н., Смирнов Б.А., Жадан А.В., Аван В.К. Повышение эффективности осветлителей для коагуляционной обработки воды // Теплоэнергетика. 2010. № 8. С. 14-16.
 4. Власова А.Ю. Сравнительный анализ флокулянтов применяемых для очистки воды хозяйственно-питьевого назначения при различных температурных режимах водоисточника // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 2 (58). С. 16-28.
 5. Pervov A.G., Andrianov A.P., Gorbunova T.P., Bagdasaryan A.S. Membrane technologies in the solution of environmental problems // Chem. 2015. V. 55(10). P. 879-886.
 6. Gulshin I., Kuzina A. Adaptation of nitrifying activated sludge to simultaneous nitrification and denitrification in the lab-scale oxidation ditch // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10(21). P. 42618-42623.
 7. Makisha N., Kulakov A. Peculiarities of clarifiers' reconstruction at waste water treatment plants // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 112. 10018.
 8. Pervov A.G., Andrianov A.P., Yurchevskiy E.B. Principles of utilization of reverse osmosis concentrate at water treatment facilities // Chem. 2015. V. 55(10). P. 871-878.
-



9. Вольфтруб, Л.И. Модернизация осветлителей на объектах энергетики с применением тонкослойных модулей // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 2. С. 56-59.

10. Makisha N. Waste water and biogas – Ecology and economy // Proc. Eng. 2016. V. 165. P. 1092-1097.

References

1. Zhadan A.V., Smirnov B.A., Smirnov O.V., Vinogradov V.N., Avan V.K., Karpychev E.A. Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. 2011. № 1. pp. 10-16.

2. Draginskij V.L., Alekseeva L.P., Getmancev S.V. Koagulyacija v tehnologii ochistki prirodnyh vod. [Coagulation in natural water purification technology]. M.: b.i. 2005, 571 p.

3. Vinogradov V.N., Smirnov B.A., Zhadan A.V., Avan V.K. Teplojenergetika. 2010. № 8. pp. 14-16.

4. Vlasova A.Ju. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. 2023. T. 15. № 2 (58). pp. 16-28.

5. Pervov A.G., Andrianov A.P., Gorbunova T.P., Bagdasaryan A.S. Chem. 2015. V. 55(10). pp. 879-886.

6. Gulshin I., Kuzina A. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10(21). pp. 42618-42623.

7. Makisha N., Kulakov A. MATEC Web of Conferences. 2017. V. 112. 10018.

8. Pervov A.G., Andrianov A.P., Yurchevskiy E.B. Chem. 2015. V. 55(10). pp. 871-878.

9. Vol'ftrub, L.I. Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. 2017. № 2. pp. 56-59.

10. Makisha N. Proc. Eng. 2016. V. 165. pp. 1092-1097.

Дата поступления: 25.02.2024

Дата публикации : 8.04.2024
