

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2023_3_1_102

УДК 621.311

ГРНТИ 44.31.35

ВАК 05.14.14

Организация водно-химического режима в системах теплоснабжения

* Беляева Е. А., Бузаева А. А., Пазушкина О. В., Бузаева М. В.

*БГТУ им. В. Г. Шухова, 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46*email: * belyaeva_e.03@mail.ru, nastya2003_29@mail.ru, o.pazushkina@yandex.ru,
m.buzaeva@mail.ru

Водоподготовка – обязательный процесс в промышленном производстве. Для теплоисточников и систем теплоснабжения такой процесс является одним из важных этапов работы. В котлах происходит нагрев воды, а в турбинах образуется пар, вода транспортируется по трубопроводам. Во всех случаях для работы нужна вода и обязательно очищенная. Сырая жёсткая вода не пройдёт по параметрам. На производстве к качеству воды предъявляются определённые требования, поэтому перед применением обязательно проводят водоочистку. Весь процесс водоподготовки разделен на этапы, в каждом из которых происходит очистка от определённых видов загрязнений. Все этапы проводятся в строгом порядке: механическая фильтрация, процесс коагуляции, умягчение воды и процесс дегазации. В работе рассмотрены методы очистки, наиболее удобные в применении и выгодные с экономической точки зрения.

Ключевые слова: водоподготовка, механическая очистка, коагуляция, умягчение воды, дегазация.

Первым этапом водоподготовки воды является механическая фильтрация воды – это способ очистки, который направлен на извлечение разного характера частиц из воды методом её процеживания сквозь специальные материалы. Этот этап разделён на процеживание, отстаивание и фильтрацию [1].

На втором этапе очистки воды происходит процесс коагуляции, который приводит к объединению мельчайших взвешенных примесей и выпадению их в виде хлопьевидного осадка. Главной особенностью коагулянтов (реагентов) является то, что их частицы имеют положительный заряд, а растворённые и взвешенные примеси заряжены отрицательно. Поэтому, в результате их взаимодействия, они слипаются и образуют более крупные образования [2].

На третьем этапе очистки избавляются от солей жёсткости. Жёсткая вода непригодна для многих технологических процессов, поскольку нерастворимые соли кальция и магния осаждаются на внутренних стенках паровых котлов и трубопроводов, образуя слой накипи, который плохо проводит теплоту. Это вызывает перерасход топлива и преждевременный износ котлов. В результате перегрева котлов также могут происходить аварии. В этом этапе могут применяться различные методы: смягчение с помощью ионообменных смол, использование мембран, реагентный (химический), магнитная обработка воды, термический, электрохимический [3].

Рассмотрим подробнее смягчение воды с помощью ионообменных смол. Этот метод наиболее распространён на сегодняшний день. Принцип очистки основан на фильтрации воды через ионообменные смолы, проходя через которые ионы кальция и магния замещаются на ионы натрия и водорода.

Na-катионирование – это процесс умягчения воды посредством извлечения из неё ионов жёсткости и замена их на ионы натрия. Натрий-катионитовый фильтр – это большой цилиндр, сверху и снизу которого установлены полусферы, в качестве днищ. Внутри такого днища закладывают ионообменную смолу или катионит. В качестве него могут применять сульфуголь или универсальный катионит. Натрий-катионитовый фильтр снабжается мерным солевым баком. Соль для регенерации катионита может храниться в таком баке либо в мокром виде, либо в сухом. Работу натрий-катионитового фильтра можно разделить на этапы. На этапе умягчения воду подают в установку, при этом происходит ионный обмен. Соли жёсткости остаются в слое катионита, поменявшись местами с натрием, который уходит в мягкую воду. Данный процесс идёт ровно до тех пор, пока катионит содержит натрий. Далее происходит регенерация фильтра. Богатый солью раствор легко заменяет натрий на соли кальция и магния, загрязненная вода сливается в дренаж. На этапе отмывки выполняется промывка фильтра водой для того, чтобы удалить остатки лишней соли. Когда анализ проб воды после промывки фильтра показывает, что качество воды достигло оптимальных показателей, фильтр можно запускать в работу.

В процессе H-катионирования все катионы заменяются катионами водорода, а присутствующие в исходной воде соли преобразуются в свободные кислоты. H-катионированная вода является кислотой, непригодной для питания паровых котлов, поэтому этот метод всегда сочетают с Na-катионированием или анионированием, что даёт возможность нейтрализовать кислотность и снизить щёлочность обработанной воды [4]. При анионировании в качестве обменных ионов используются анионы, которые с катионом водорода образуют воду или свободную углекислоту. Углекислоту затем необходимо удалить из воды путём дегазации.

На четвёртом этапе водоочистки происходит процесс дегазации, который направлен на удаление из питательной воды паровых котлов и подпиточной воды тепловых сетей коррозионно-агрессивных газов: кислород, углекислый газ, сероводород, метан. Существует два метода дегазации воды: физический и химический [5].

Водоочистка на теплоисточниках является комплексом систем, которые направлены на полное удаление примесей. Для данного направления обязательна комбинация нескольких способов, потому что вода должна содержать определенную концентрацию примесей и для этого нужно точно скорректировать её состав. От потребляемой воды зависит скорость и производительность системы. К тому же применение непригодной воды приводит к поломкам оборудования. Поэтому качество воды играет большую роль при эксплуатации теплоисточников и систем теплоснабжения.

Нами была определена зависимость влияния температуры на степень умягчения воды методом катионирования. В ходе проведения опыта использовался катионит КУ-2 в H-форме. Для анализа были отобраны образцы водопроводной воды для определения жесткости по ГОСТ [6]. Общая жесткость воды определяется по формуле:

$$Ж_0 = \frac{V_2(\text{Тр.Б}) \cdot C_2(\text{Тр.Б})}{V_1(\text{H}_2\text{O})} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где V_1 – объём анализируемой воды, мл; V_2 – объём раствора трилона Б, мл; C_2 – молярная концентрация эквивалента раствора трилона Б, моль/л; 10^3 – коэффициент перевода моль/л в ммоль/л.

Водопроводную воду исходной жёсткостью $Ж = 3,64$ ммоль/л пропускали через колонку катионита объёмом $V = 0,806$ м³. Было проведено 3 опыта для того, чтобы измерить жёсткость отфильтрованной воды при разных значениях температуры: $t_1 = 22^\circ\text{C}$; $t_2 =$

14°C; $t_3 = 38^\circ\text{C}$. Для каждого случая были определены жёсткость отфильтрованной воды, ммоль/л, и скорость фильтрации, см/с.

Результаты проведённого опыта приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1

Результаты определения общей жёсткости воды

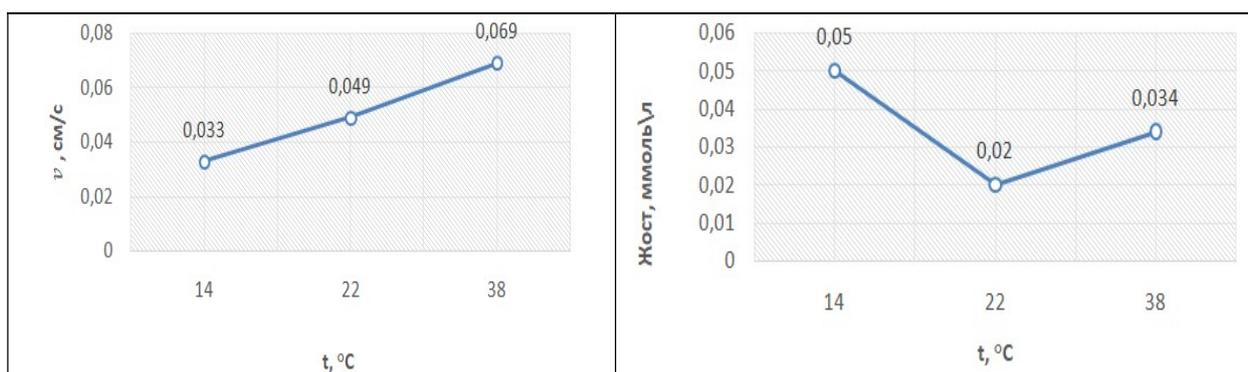
№ опыта	Объём раствора трилона Б	Молярная концентрация эквивалента трилона Б	Объём исследуемой пробы воды	Жёсткость воды	Общая жёсткость воды
	V_2 , мл	C_2 , моль/л	V_1 , мл	J_0 , ммоль/л	J , ммоль/л
1	9,2	0,04	100	3,68	3,64
2	9,0		100	3,60	
3	9,1		100	3,64	

Таблица 2

Результаты определения общей жёсткости очищенной воды

№ опыта	Температура воды	Объём раствора трилона Б	Молярная концентрация эквивалента трилона Б	Объём исследуемой пробы воды	Жёсткость воды	Скорость фильтрации
	t , °C	V_2 , мл	C_2 , моль/л	V_1 , мл	J_0 , ммоль/л	v , см/с
1	22	0,05	0,004	100	0,020	0,033
2	14	1,25		100	0,050	
3	38	0,85		100	0,034	

Для сравнения полученных в ходе проведенного исследования результатов были построены графики зависимостей: скорости фильтрации воды от температуры $V = f(t)$ и остаточной жёсткости воды от температуры $J_{\text{ост}} = f(t)$, которые приведены на рисунках 1 и 2.

Рис. 1. График зависимости $V = f(t)$ Рис. 2. График зависимости $J_{\text{ост}} = f(t)$

В результате проведённого эксперимента, можно сделать вывод, что температура воды влияет на скорость фильтрации и на степень умягчения воды. Снижение степени умягчения при более высокой температуре можно объяснить сокращением времени контакта катионита с очищаемой водой. Снижение степени умягчения при низкой температуре скорее всего связано с уменьшением скорости химической реакции обмена катионами (правило Вант-Гоффа).

Список литературы

1. Суть и особенности методов механической очистки сточных вод– [Электронный ресурс]. URL: <https://o-vode.net/ochistka/stochnye/metody/mehanicheskaya> (дата обращения: 30.03.2023).
2. Очистка воды коагуляцией и фильтрацией– [Электронный ресурс]. URL: <https://stowater.com/stati/ochistka-vodyi-koagulyacziej-filtracziej.html> (дата обращения: 30.03.2023).
3. Лифшиц О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Энергия», 1976. 288 с.
4. Натрий катионитовые фильтры, устройство и принцип работы– [Электронный ресурс]. URL: <http://vodopodgotovka-vodi.ru/filtr-dlya-vody/natriy-kationitovye-filtry-ustroystvo-i-princip-raboty> (дата обращения: 30.03.2023).
5. Дегазация воды– [Электронный ресурс]. URL: <https://wt-filter.ru/blog/degazatsiya-vody/> (дата обращения: 30.03.2023).
6. ГОСТ 31954-2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости» – [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097815> (дата обращения: 30.03.2023).

Organization of water-chemical regime in heat supply systems

Belyaeva E. A., Buzaeva A. A., Pazushkina O. V., Buzaeva M. V.

*Ulyanovsk State Technical University
432027, Russia, Ulyanovsk, SevernyVenetsst., 32*

Water treatment is a mandatory process in industrial production. For heat sources and heat supply systems, such a process is one of the important stages of work. Water is heated in boilers, and steam is formed in turbines, water is transported through pipelines. In all cases, water is needed for work and it must be purified. Raw hard water will not pass according to the parameters. In production, certain requirements are imposed on the quality of water, so water treatment must be carried out before use. The whole process of water treatment is divided into stages, in each of which certain types of pollution are cleaned. All stages are carried out in strict order: mechanical filtration, coagulation process, water softening and degassing process. The paper considers the cleaning methods that are the most convenient to use and economically advantageous.

Keywords: water treatment, mechanical purification, coagulation, water softening, degassing.