

УДК 628.16.086.4

д.т.н., професор Малкін Е.С.,
к.т.н., доцент Журавська Н.Є.,

Київський національний університет будівництва та архітектури

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ОБРАБОТКА ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Статья посвящена усовершенствованию энергоэффективности систем энергоснабжения на базе использования геотермальных вод с около поверхностных слоев воды. Для повышения эффективности работы системы проводят предварительную очистку и смягчение воды перед подачей ее в тепловой насос методом обработки ее в полях постоянного электрического тока и в поле постоянных магнитов с последующей фильтрацией и обработкой воды в поле электромагнитов повышенной частотой электрического тока и индукцией поля.

Ключевые слова: смягчение и очистки воды, геотермальная вода, электрофоретическая обработка, электрокоагуляционная обработка, энергосбережения

Вступление. В отчете Еврокомиссии, который публикуется каждые два года, Европейский Союз увеличивает долю возобновляемых источников энергии в энергобалансе стран-членов ЕС. В 2013 году доля возобновляемой энергии во всем энергетическом цикле в ЕС составила 15%. Годом позже она выросла на 0,3%. Рост происходил во всех странах ЕС, стремится увеличить до 20% долю источников этого вида энергоносителей до 2020 года. Каждая страна при этом должна внедрять соответствующую квоту по собственным потребностям. Евросоюз удается достичь таких показателей в первую очередь за счет Швеции, Дании, Латвии, где доля возобновляемых источников энергии составляет до 42%, в Великобритании не более 5%, а в Германии - 9,5%. В 2013 году около 21% мирового энергопотребления было обеспечено из возобновляемых источников энергии [1, 2].

В 2008 г. в мире установленная мощность электрогенерирующих геотермальных установок составила около 11 млн кВт с производством 55 млрд кВт•ч электроэнергии. Энергетическое сообщество поддерживает Национальный план действий Украины по энергоэффективности до 2020 г. В связи с энергетическим кризисом в Украине особое значение приобретает проблема существенного повышения эффективности систем производства, транспортировки и использования энергии.

Учитывая значительную роль в энергообеспечении страны системами водяного и парового теплоснабжения, приобретают вопросы эффективного использования тепловой энергии на всех участках этих систем: генерации для нагрева воды или для образования пара; транспортировка потребителям, при использовании ее потребителями. Все эти стадии в системах водяного теплоснабжения водяной теплоноситель проходит в различных отраслях хозяйства: жилищно-коммунальном секторе, промышленности и агропромышленном комплексе, где могут проходить изменения состава, структуры и свойств воды, теплообменных поверхностей систем, образование на них накипи. Это приводит к ухудшению теплообменных процессов и теплоэнергетических показателей, влияет на общие показатели эффективности процесса, что в значительной степени, затрудняет его теоретическое рассмотрение и обоснование режимных параметров. Во всех этих областях достигнуты положительные результаты обработки воды в магнитных полях. Существующие проблемы значительно упрощаются при предварительной очистке воды.

Исследования, выполненные на лабораторном стенде института технической теплофизики, позволили обосновать технологию борьбы с накипью, интенсифицировать различные технологические процессы, которые влияют на энергоэффективность систем теплоснабжения и их экологические показатели при незначительных материальных и энергетических затратах, решать целесообразность применения методов смягчения и очистки воды в электрических и магнитных полях [11].

Обработка воды в электрическом поле осуществляется для достижения различных результатов: очищение отработанной воды с возвратом части очищенной воды в производственный цикл, обеспечение необходимого для технологических процессов рН воды, уменьшение солей жесткости в питательной воде, ее очистки и т.д. [3, 4].

В зависимости от цели отличаются и методы обработки воды в электрическом поле: для очистки отработанных вод; для обеспечения необходимого рН технологической воды преимущественно используется метод электроактивации воды с электролизным ее разделением; для снижения количества солей жесткости в питательной воде.

Для очистки более перспективным представляется менее энергозатратный метод, основанный на электрофоретическом переносе ионов и частиц к противоположно заряженному электроду без электролиза воды. Разновидностью этого метода является метод электрокоагуляционный: при прохождении электрического тока в воду выделяются коагуляционно активные положительно заряженные ионы, например, Fe^{++} и Fe^{+++} с присутствующими в

воде отрицательно заряженными ионами коагуляционные комплексы, выпадающие в осадок.

Следующим перспективным методом подготовки воды представляется последовательная ее обработка в электрическом, а затем магнитном полях. Собственное магнитное поле не приводит к очистке или смягчению воды, но влияет на спины протонов ее молекул. Это приводит к образованию временной неравновесной формы воды, которая характеризуется уменьшенной энергией связей между молекулами, что в свою очередь, приводит к уменьшению удельной теплоты парообразования и увеличению поверхностного натяжения воды. Последнее положение способствует интенсивному проникновению омагниченной воды в микро капилляры и трещины, что приводит к разрушению накипи.

Цель исследования. Нахождение необходимых конструктивных параметров оборудования, величины расстояния между электродами, свободной площади сечения, длины поверхности контакта и т.д. и технологических режимов обработки воды (напряжение электрического тока, время обработки, при этом нужна максимальная сила электрического тока).

Методика экспериментальных исследований обработки воды в поле постоянного электрического тока.

Параметры системы, подлежащие измерению: расходы, скорость, жесткость, химический состав, температура и сухой остаток воды до обработки и после нее, а также дистиллята этой воды; напряженность электрического поля между электродами, напряжение на электродах, сила электрического тока; напряженность магнитного поля; степень коагуляции.

Следующие опыты проводились с артезианской высокоминерализованной жидкостью в аппарате совместно с лабораторией Деснянского водопровода. Исследовался электрокоагуляционный метод обработки минерализованной воды с последующей обработкой в магнитном поле. Под действием электрического тока выделяются положительно заряженные ионы (Fe^{++} , Fe^{+++}) с катодного покрытия, которые образуют коагуляционные комплексы с отрицательно заряженными ионами, присутствующими в воде. Коагуляционные комплексы выпадают в осадок. В установке с дисперсной насадкой осадок выносятся из установки. Наличие дисперсной насадки интенсифицирует массообменные процессы в аппарате.

Результаты, приведенные в табл. 1, показывают эффективность обработки воды в поле постоянного электрического тока (напряжение между электродами не более 3 В, напряженность электрического поля 300...500 В/м, время обработки около 60...70 с.

Результаты электрокоагуляционной обработки воды в поле постоянного

электрического тока (электроды: анод - сталь 10Х18НТ, катод - сталь 10Х18НТ, разница потенциалов между электродами $U = 3$ В; расстояние между электродами $l = 10$ мм; напряженность поля $E = 300$ В / м) с следующим нагревом воды до $t = 30$ °С и ее фильтрацией.

В табл. 2 приведены результаты обработки воды в постоянном электрическом поле с последующей обработкой в магнитном поле.

Результаты электрофоретической последовательной обработки воды в поле постоянного электрического тока электроды: анод - сталь 10Х6НТ (никеля меньше), катод - сталь 10Х18НТ, разность потенциалов между электродами $U = 3$ В; расстояние между электродами $l = 10$ мм; напряженность поля $E = 300$ В / м и в магнитном поле напряженность поля 240 мТл. Данные методы обработки воды могут быть использованы в технологических схемах геотермального теплоснабжения, в основе получения чистой воды - методика обработки ее в электромагнитном поле перед ее потреблением [6], задача, совершенствования технологического процесса путем: перехода на теоретически обоснованные частоты тока в электромагнитах [5, 7, 8]; обработки воды в поле постоянного электрического тока при разности потенциалов между электродами $U \leq 3$ В для достижения $pH \leq 6,0$ в процессе ее омагничивания.

Таблица 1

Показатели минерализованной воды после электрофоретической обработки

№	Показатели	Час обработки в электрич. поле, с		Час обработки в магнитном поле, с	
		0	95	20	30
1	РН	7,65	6,3	6,35	6,2
2	Запах, бал	0,6	0,5	0,4	0,4
3	Мутность, мг/м ³	0,35	0,25	0,45	0,45
4	Вкус, бал	0,6	0,5	0,45	0,4
5	Окрашенность, бал	6,0	4,5	5,8	1,5
6	Общая жесткость, мг-екв/дм ³	6,27	4,6	4,5	4,3
7	Кальций Ca ⁺ ,	71,1	61,1	38,0	12,0
8	Магний Mg ⁺⁺ ,	32,8	14,6	9,3	3,5
9	Сульфаты, мг/дм ³	57,6	40,0	0,2	0,1
10	Хлориды, мг/дм ³	15,7	17,1	8,2	0,15
11	Железо, Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ ,	0,05	1,2	0	0
12	Нитриды, мг/дм ³	0,02	0,02	0,15	0
13	Нитраты, мг/дм ³	3,85	4,0	0,03	0,015
14	Сухой остаток,	340	250	10,5	8,2

Таблица 2

**Показатели минерализованной воды после
электрофоретической обработки**

№	Показатели	Час обработки в электрич. поле, с		Час обработки в магнитном поле, с	
		0	95	20	30
1	РН	7,65	6,3	6,35	6,2
2	Запах, бал	0,6	0,5	0,4	0,4
3	Мутность, мг/м ³	0,35	0,25	0,45	0,45
4	Вкус, бал	0,6	0,5	0,45	0,4
5	Окрашенность, бал	6,0	4,5	5,8	1,5
6	Общая жесткость, мг-екв/дм ³	6,27	4,6	4,5	4,3
7	Кальций Ca ⁺ ,	71,1	61,1	38,0	12,0
8	Магний Mg ⁺⁺ ,	32,8	14,6	9,3	3,5
9	Сульфаты, мг/дм ³	57,6	40,0	0,2	0,1
10	Хлориды, мг/дм ³	15,7	17,1	8,2	0,15
11	Железо, Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ ,	0,05	1,2	0	0
12	Нитриды, мг/дм ³	0,02	0,02	0,15	0
13	Нитраты, мг/дм ³	3,85	4,0	0,03	0,015
14	Сухой остаток,	340	250	10,5	8,2

Выводы. Предложена методика, создана энергоэффективная система теплоснабжения с повышенными экологическими свойствами с магнитной обработкой воды растворов и смесей на ее основе [9, 10]. Области применения: энергетика (в водяных, паровых системах теплоснабжения, для предупреждения и разрушения накипи и отложений на теплообменных поверхностях, предупреждения коррозии металлических поверхностей, повреждения полимерных и других материалов), экономия энергии до 40%, материалов и воды до 25%.

Литература:

1. REN21. 2014. Renewables 2014 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9815934-2-6. - 214 p.
2. Энергетика: історія, сучасність і майбутнє. Кн. 5 / 2.8. Геотермальна енергетика, 2013 .
3. Franks F. Water A matrix of life. / F.Franks // - Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000. - 67 p.
4. Parsons S.A. Magnetically augmented water treatment. Process safety and environmental protection / S.A. Parsons, S.J. Judd, T. Stephenson et al. // Proc. Safety and Environ. Protection. Trans. Inst. Chem. Eng. - 1997. - 75, pt B. - P. 98-104.
5. Баран Б.А. Швидкість хімічних процесів в попередньо омагніченій воді / Б.А. Баран // Вестник Харьковского гос. политех. университета. – 1999. – вып.56. – С. 19-24.

6. Пат.32362А Україна, 6СО2F1/48. Експрес-метод контролю магнітної водопідготовки / Баран Б.А. – № 99042305; Заявл. 23.04.1999; Опубл. 15.12.2000, Бюл. №7-11.
7. Дорфман Я.Г. Магнитные свойства и строение вещества / Я.Г. Дорфман. – М.: Государственное издательство технико-технической литературы, 1955. – 377 с.
8. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. / Я.И. Френкель. – М.-Л.: изд. АН СССР, 1966. – 409 с.
9. Патент на корисну модель № 100236, Україна. Система обробки води в електромагнітних полях / Малкін Е.С., Фуртат І.Е., Журавська Н.Є., Коваленко Н.О. / Зареєстровано в Державному реєстрі України на корисні моделі 10.07.2015.
10. Патент на корисну модель № 102494, Україна. Система приготування омагніченої в електромагнітних полях води і сполук на її основі / Малкін Е.С., Фуртат І.Е., Журавська Н.Є., зареєстровано в Державному реєстрі України на корисні моделі 26.10.2015.

Анотація

Стаття присвячена удосконаленню енергоефективності систем енергопостачання на базі використання геотермальних вод з близько поверхневих шарів води. Для підвищення ефективності роботи системи проводять попереднє очищення і пом'якшення води перед подачею її в тепловий насос методом обробки її в полях постійного електричного струму і в поле постійних магнітів з подальшою фільтрацією і обробкою води в поле електромагнітів підвищеною частотою електричного струму і індукції поля.

Ключові слова: пом'якшення і очищення води, геотермальна вода, електрофоретична обробка, електрокоагуляційна обробка, енергозбереження.

Annotation

The article is devoted to the improving the energy efficiency of energy supplying systems based on the usage of geothermal waters with near-surface layers of water. For increasing the efficiency of the system the preliminary cleaning and softening of water is carried out before applying it to the heat pump by its processing in a constant electric current fields and in the field of permanent magnets, followed by filtration and water purification in the field of electromagnets with increased frequency of the electric current and the field induction.

Keywords: softening and purification of water, geothermal water, the electrophoretic processing, electrocoagulation processing, energy conservations.