

УДК 697.328

## ПЕРСПЕКТИВЫ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ МЕТОДАМИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Елистратова Ю.В., к.т.н., ст. преподаватель  
Мацукова М.Н., студент гр. ВВ-191, III курс  
Научный руководитель: Семиненко А.С., к.т.н., доцент  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
г. Белгород

Согласно Федеральному Закону № 417-ФЗ от 7 декабря 2011 года вновь вводимые объекты капитального строительства необходимо подключать только по закрытой схеме теплоснабжения. Такое условие подключения новых потребителей обязывает подготавливать сетевую воду горячего водоснабжения за счет работы теплообменных аппаратов.

В РФ наибольшее распространение получили кожухотрубные и пластинчатые теплообменники [1] по отношению к другим типам водонагревателей. Компактные габаритные размеры, возможность разбора и более высокий коэффициент теплопередачи пластинчатых водонагревателей обуславливают их преимущественное использование в сфере теплоснабжения относительно кожухотрубных аппаратов. Данное утверждение подтверждается показателем объема рынка пластинчатых теплообменников в России за 2018 г. (рисунок 1), который составил 57%, а величина импорта теплообменников в Россию составила 76,8% [2].

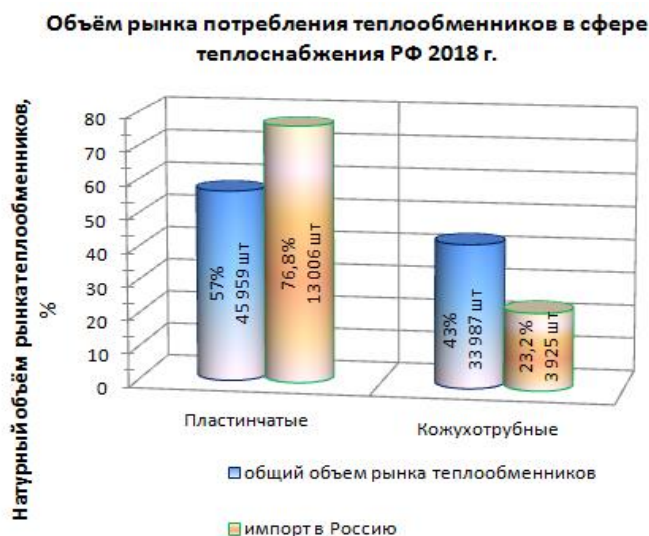


Рисунок 1 – Динамика объемов рынка потребления теплообменного оборудования в России (согласно информации Research Group по данным ФТС РФ)

Современная мировая практика характеризует пластинчатые водоподогреватели, как компактные теплообменные аппараты [3] интенсивного действия. Однако режим эксплуатации данных аппаратов в системах горячего водоснабжения формирует благоприятные условия образования слоев загрязнений на теплопередающих поверхностях пластинчатых теплообменных аппаратов, что в свою очередь ведет к значительным материальным затратам [4,5,6].

Анализ работ посвященных исследованию загрязнений поверхности теплопередачи пластинчатых теплообменников [7,8,9,10], используемых с целью нагрева воды в сфере ЖКХ, показал, что низкие температуры теплоносителя образуют преимущественно иловые отложения, а повышение температуры способствует выпадению солей накипи. При этом процесс накипеобразования характеризуется образованием твердых слоев карбоната кальция, сульфата кальция или силикатов на поверхности теплопередачи в зависимости от химического состава теплоносителя. Именно такие виды загрязнения характерны для теплообменников систем теплоснабжения и в частности эксплуатируемых для нужд горячего водоснабжения. Поэтому актуальность корректировки химического состава нагреваемого теплоносителя для теплообменных аппаратов систем ГВС не вызывает сомнений.

Согласно научному обзору [11,12,13,14] существующих мероприятий по предупреждению и очистке теплообменного оборудования систем теплоснабжения, выявлено, что наиболее технически эффективными методами по борьбе с накипеобразованием являются методы стабилизационной обработки воды (химическими и физическими способами воздействия).

На рис. 2 представлена классификация основных методов сетевой водоподготовки систем ГВС. Стоит отметить, что наибольшей востребованностью на практике пользуются мероприятия водоподготовки путем химического умягчения [15], что может быть обосновано более высокой результативностью по отношению к физическим методам (ультразвук и электромагнитная обработка). В графе «недостатки» классификации основных методов сетевой водоподготовки систем ГВС, для группы физических мер, характерна высокая стоимость оборудования по отношению к химическим методам.

В поисках решений в области повышения эффективности пластинчатых теплообменных аппаратов систем теплоснабжения проводились исследования работы пластинчатых водонагревателей системы ГВС, эксплуатируемых на базе крышной Котельной № 4 многоквартирного жилого дома, расположенного по адресу: Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Дубовое, мкр. Улитка, Квартал № 1, дом № 3. В качестве мероприятий по стабилизационной обработке теплоносителя использовалось устройство водоподготовки «ETATRON, Type: DLX-VFT\MB» с химическим реагентом Zn-ОЭДФК. Однако предполагаемый результат бесперебойной работы теплообменника в рамках химической водоподготовки не оправдывал ожидания - теплообменники забивались.



Рисунок 2 - Классификация основных методов сетевой водоподготовки систем ГВС

В качестве поиска альтернативы проводились экспериментальные испытания электронно-электромагнитного противонакипного устройства типа УЭП-1 [16] на протяжении 3-х месяцев. За весь период экспериментальных испытаний контрольные показатели давления в контуре подающего и обратного трубопровода ГВС, а также температура горячей воды потребителей, соответствовали штатному режиму работы системы ГВС Котельной № 4. Следует отметить, что мощность прибора отвечала требованиям режима эксплуатации теплообменника и допустимому уровню жесткости обрабатываемой воды в период наблюдений.

Сравнительный анализ затрат на приобретение и обслуживание устройства водоподготовки «ETATRON, Type: DLX-VFT\MB» с химическим реагентом Zn-ОЭДФК и электронно-электромагнитных противонакипных устройств УЭП-1 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ затрат на приобретение и обслуживание устройства водоподготовки «ETATRON, Type: DLX-VFT\MB» с химическим реагентом Zn-ОЭДФК и электронно-электромагнитных противонакипных устройств УЭП-1

Метод водоподготовки	Расходы на приобретение и обслуживание оборудования, руб.					
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	Итого за 5 лет
ETATRON, Type: DLX- VFT\MB	290 000 <sup>1</sup>	257 000 <sup>3</sup>	257 000	257 000	257 000	<b>1 318 000</b>
<b>УЭП-1</b> (без НДС)	136 000 <sup>2</sup>	3500 <sup>4</sup>	3500	3500	3500	<b>150 000</b>
<b>Сумма эконо- мии при ис- пользовании УЭП-1, руб.</b>	154 000	253 500	253 500	253 500	253 500	<b>1 168 000</b>

Примечание:

1 - Стоимость комплекта оборудования ETATRON, Type: DLX-VFT\MB с реагентом

2 - Стоимость комплекта УЭП-1

3 - Стоимость реагента без учёта ежегодного повышения цен

4 - Стоимость ежегодного обслуживания

Согласно полученным результатам наблюдается опровержение сложившегося понимания в экономическом превосходстве метода химической водоподготовки по отношению к физическому методу (магнитно-импульсная обработка).

Таким образом, в центре внимания фиксируется переменный эффект работы устройств физического воздействия, зависящий от текущих режимных параметров аппарата. Например, это объясняется тем, что использование ультразвуковых технологий для теплообменников пластинчатого типа требует постоянной корректировки мощности ультразвуковых колебаний ввиду нестационарного режима работы аппаратов. Согласно исследованиям [17] регулировка таких условий возможна по средствам информативного мониторинга изменения входной температуры сетевой воды и тепловой нагрузки в каждом канале теплообменного аппарата.

Стоит отметить, что исследования в области физических методов стабилизационной обработки теплоносителя в системах теплоснабжения имеют ценность не только для обеспечения бесперебойной работы теплообменного оборудования с номинальными затратами, но и звеном в комплексе мер по снижению негативного воздействия производственных процессов на окружающую среду в результате отказа от использования химических реагентов в области водоподготовки.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для ведущей научной школы НШ-25.2022.4

### Список литературы

1. Калабин С.Е. Экономический эффект от внедрения энергосберегающего оборудования: пластинчатых теплообменников, блочных индивидуальных тепловых пунктов // Журнал «С.О.К.». – 2005 г. - №8
2. Анализ рынка теплообменников и пластин (для пластинчатых теплообменников) в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inthePress.ru/press/p425264.html>
3. Maheshwari, D. Experimental Investigation of U-tube heat exchanger using Plain tube and Corrugated tube / D. Maheshwari, K. Trivedi // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2016. – P. 1931–1936.
4. Bansal, B. Crystallization fouling in plate heat exchangers / B. Bansal, H. Müller-Steinhagen // J. Heat Transfer 112. – P. 584–591.
5. Kananeh, A. B. Fouling in Plate Heat Exchangers: Some Practical Experience / A. B. Kananeh // Heat Exchangers – Basics Design Applications. – 2012. – P. 533–550.
6. Steinhagen, R. Problems and costs due to heat exchanger fouling in New Zealand industries / R. Steinhagen, H. Mueller-Steinhagen, K. Maani // Heat Transfer Engineering. – 1993. – P. 19–30.
7. Сагань, И.И. Борьба с накипеобразованием в теплообменниках / И.И. Ю.С. Разладин. – Киев: Техніка, 1986. – 132 с.
8. Товажнянский, Л.Л. К вопросу о загрязнениях поверхности теплопередачи пластинчатых теплообменников / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко // Известия ВУЗов. Энергетика, 1984. – №6. – С.101–102.
9. Чернышев, Д.В. Особенности распределения накипи по поверхности пластинчатого водонагревателя. / Д.В. Чернышев, Н.И. Купленов // Энергосбережение: 2000 Международная научно-техническая конференция: ТулГУ. – Тула, 2000. – С.127.
10. Шевейко, А.Н. Регулирование процесса образования отложений в оборудовании ТЭС и АЭС с целью увеличения эффективности теплообмена: дис. канд. техн. наук.: 05.14.14 / А.Н. Шевейко. – Новочеркасск, 2002. – 175 с.
11. Бубликов, И.А. Целесообразность использования полимерных покрытий в теплообменных аппаратах. Повышение эффективности теплообменных процессов и систем / И.А. Бубликов, А.Н. Шевейко. – Вологда: ВоПИ. – 1998. – С.8–11.
12. Бубликов, И.А. Воздействие электростатического поля на физико-химические свойства воды / И.А. Бубликов, А.П. Белоусов // Современные проблемы тепловой энергетики и машиностроения: Сб.науч. тр. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2000. – С.42–46.

13. Гужулев, Э.П. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике / Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М.А. Таран. – Омск: Изд-во ОмГТУ. – 2005. – 384 с.

14. Минко, В.А. Методы проведения и эффективность мероприятий по борьбе с накипеобразованием в системах теплоснабжения / В.А. Минко, А.Ю. Феоктистов, И.В. Гунько, Ю.В. Елистратова, Н.В. Тарасенко, Л.В. Ткач // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. – 2015. – №2. – С.16–19.

15. Жаднов, О.В. Пластинчатые теплообменники - дело тонкое / О.В. Жаднов // Новости теплоснабжения. – 2005. – №3. – С. 39–53

16. Пат. № 155819 РФ. Устройство защиты и очистки теплоэнергетического оборудования от накипеобразований и коррозии / Д.А. Сотников, И.А. Гринева // № 2015132728/05; заявл. 05.08. 2015; опубл. 20.10. 2015.

17. Елистратова Ю.В. Диагностический контроль как способ поддержания эффективности теплообменных аппаратов / Елистратова Ю.В., Семенов А.С. // IV Всероссийская Молодежная Научно-Практическая конференция «Энергостарт», г. Кемерово. – 2021. – 409-1-409-4.