

В. Суворов, директор компании ООО «Гидрофлоу»

БОРЬБА С НАКИПЬЮ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАК МЕРА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе эксплуатации систем горячего водоснабжения, систем отопления, систем оборотного водоснабжения, наблюдается постепенное сокращение напора и снижение температуры воды. Одновременно с этим потребляемая системой энергия на подогрев воды и работу насосов остается на прежнем уровне или даже возрастает.

Как правило, причиной этих процессов оказывается зарастание системы водоснабжения известковыми отложениями (накипью). Проблема образования накипи актуальна для любых систем водоснабжения – от системы, обслуживающей небольшой коттедж на одну семью до установок водоподготовки воды для ТЭЦ.

Отложения накипи существенно снижают пропускную способность трубы, теплопередающую способность теплообменников и, как следствие, увеличивает энергозатраты системы в целом.

В основе работы технологии безреагентной водоподготовки, представленной в этой статье, лежит работа электромагнитных импульсов переменной частоты, которые формирует генератор высокочастотных колебаний, управляемый микропроцессором. Оборудование данной системы водоподготовки устанавливается непосредственно на трубу и не требует врезки в саму систему. Возникающее электромагнитное поле сдерживает рост отложений, не позволяя ионам солей осажаться на стенках трубы. В виде взвешенных микрокристаллов они выносятся водой

из системы. Тот же эффект постепенно удаляет и старые отложения из системы.

Принцип действия системы

Рассмотрим подробнее принцип действия системы на примере оборудования компании «Гидрофлоу».

Данная система эффективно заменяет затратный метод химической водоподготовки, принося предприятию значительную экономию. Снижаются расходы на эксплуатацию (реагенты, регенерация, утилизация, содержание персонала и т.п.), что обеспечивает наибольший экономический эффект и быструю окупаемость. Систему отличает простота монтажа и минимальные эксплуатационные расходы.

Принцип действия системы водоподготовки основан на применении генератора высокочастотных электромагнитных импульсов, работой которого управляет микропроцессор. Устройством формируются импульсы переменной частоты, имеющие форму экспоненциально-затухающей синусоиды.

Сигнал передается трубе ферритовым кольцом, закрепленным поверх ее стенок. Кольцо изготовлено из специального ферросплава. Оно с высоким КПД передает сигнал стенкам трубы, которая, в свою очередь, сама становится излучателем, т.е. как бы технологическим элементом, «продолжением» прибора.

В трубе наводится ЭДС самоиндукции и возникает вторичное электромагнитное поле. При помощи постоянно корректируемых импульсов прибор обеспечивает электромагнитный резонанс с образованием «стоячей волны».

Электромагнитное поле направлено поперек оси трубы (радиально), что условно обозначено на рисунке 1 в виде «колец». Кроме того,

импульсы распространяются и вдоль трубы, что условно показано движением «колец» в обе стороны – по ходу и против движения воды.

Процессы, происходящие в воде под воздействием электромагнитного поля

Радиально направленное электромагнитное поле притягивает свободные электроны внутри стенки трубы от внутренней поверхности к внешней, поэтому внутренняя поверхность трубы приобретает слабый положительный заряд (рис. 2).

Ионы кальция, растворенные в воде, тоже имеют положительный заряд. Они не могут осесть на стенки трубы, отталкиваются от одноименно заряженных стенок по направлению к оси трубы.

Поле также воздействует на ионы существующих отложений, отторгая их от стенок трубы, – происходит постепенное удаление накипи.

В воде, наряду с положительно заряженными ионами, также присутствуют отрицательно заряженные ионы, например гидрокарбонаты HCO_3^- (рис. 4а).

Под воздействием электромагнитных импульсов системы водоподготовки происходит образование свободных кластеров (рис. 4б). Свободный кластер – это сгусток ионов, каждый из которых окружен молекулами воды (гидратирован). Ионы в кластере располагаются хаотично, расстояния между ними неоднородны.

Электромагнитные импульсы, направленные вдоль оси трубы, заставляют положительно и отрицательно заряженные ионы совершать колебательные движения (рис. 5).

При этом происходит упорядочивание свободных кластеров, ионы в них перераспределяются в пространстве в соответствии со своими электрическими зарядами так, как если бы ионы располагались в кристалле. Происходит выравнивание расстояний между ними. Из кластера вытесняется часть молекул воды. Теперь кластер готов к кристаллизации. Мы называем такой кластер упорядоченным (рис. 6а).

При нагревании происходит вытеснение молекул воды из упорядоченного кластера с образованием устойчивых микрокристаллов.

В результате в воде образуется множество устойчивых взвешенных микрокристаллов размерами порядка 50 мкм. Они не прилипают к поверхностям, не прикипают и не осаждаются на дно. Они не заметны глазу и при необходимости могут быть отфильтрованы. Микрокристаллы выносятся водой из системы,

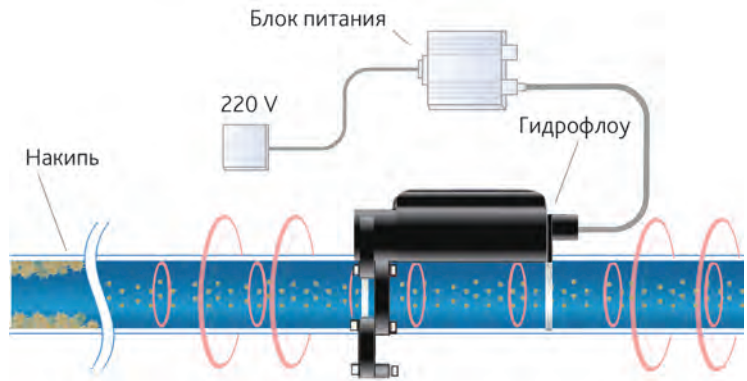


Рис. 1. Первичное электромагнитное поле (снаружи трубы) и вторичное поле (внутри трубы)

а в паровых котлах удаляются с продувочной водой.

Радиус действия подобной системы водоподготовки составляет (в зависимости от модели) 700–2000 м у промышленных моделей и 40–100 м у бытовых устройств, по ходу и против движения воды.

Максимальный радиус действия достигается при применении системы на магистральном

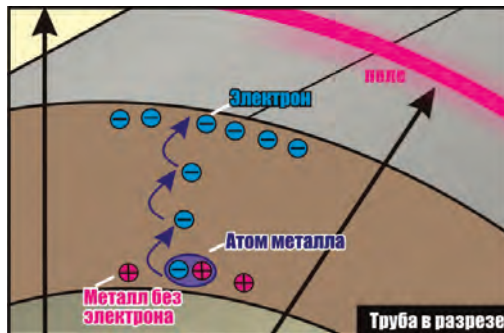


Рис. 2. Электромагнитное поле притягивает свободные электроны к внешней поверхности трубы

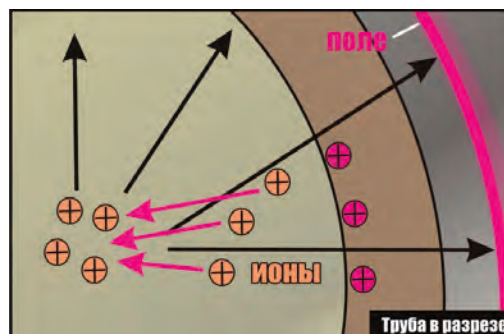


Рис. 3. Одноименно заряженные ионы отталкиваются от стенок трубы

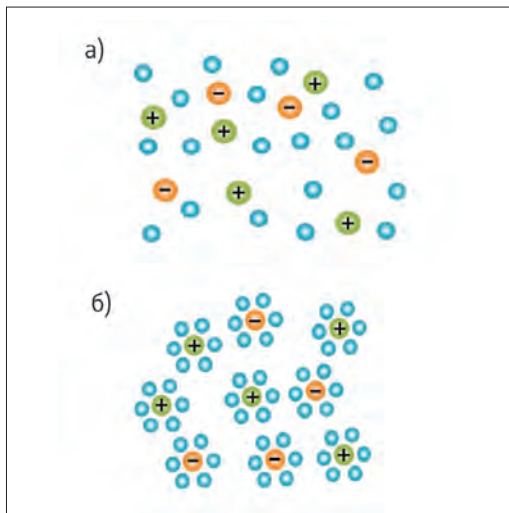


Рис. 4. Ионы растворены в воде (а). Образование свободного кластера (б)

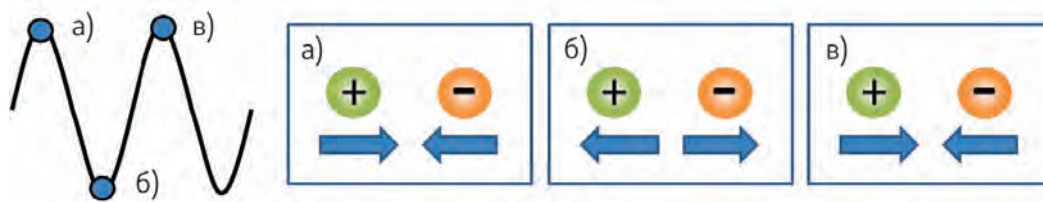


Рис. 5. Направление движения положительно и отрицательно заряженных ионов в различных фазах электромагнитных импульсов

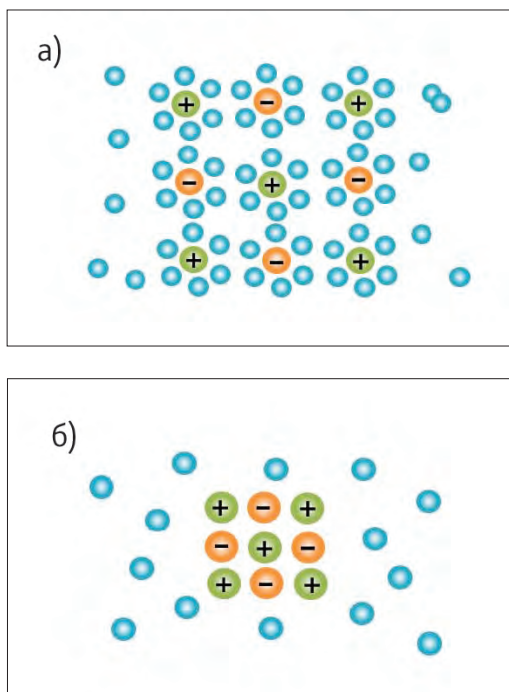


Рис. 6. Формирование упорядоченного кластера (а) и микрокристаллов (б)

трубопроводе и уменьшается прямо пропорционально усложнению конфигурации системы (разветвление трубопровода, «гребенки» и т.п.).

Факторы, обеспечивающие высокую эффективность системы водоподготовки

1. Применение кольца из специального ферросплава позволяет сообщать сигнал трубопроводу с минимальными потерями. Это же кольцо позволяет микропроцессору с высокой точностью определять параметры электромагнитного поля, наведенного в трубопроводе.

2. Система использует энергию вторичного электромагнитного поля. Эффект резонанса по принципу «стоячей волны» позволяет обеспечить энергетическое воздействие достаточной мощности.

3. Эффект отталкивания одноименных электрических зарядов не зависит от того, движется ли вода. Поэтому подобная система защищает оборудование от накипи и в стоячей воде.

4. Ингибирование внутренней коррозии труб и оборудования за счет эффекта пассивирования.

- Достигаются следующие результаты:
- воздействие на широкий спектр отложений (карбонатные, железистые отложения, при определенных условиях – сульфатные и силикатные отложения);
 - предотвращение образования новых отложений;
 - постепенное удаление старых отложений (карбонатные, железистые).

В зависимости от материала применяемых в системе водоснабжения труб меняется и степень воздействия системы водоподготовки на внутритрубные отложения. Выше описаны процессы, происходящие в металлических трубах. В пластиковых трубах электромагнитные импульсы свободно проникают сквозь материал трубы, также вызывая формирование свободных, а затем и упорядоченных кластеров в воде.

В пластиковых трубах эффект ингибирования коррозии заметно слабее, так же как и максимальное расстояние, на которое распространяется сигнал.

Обращаем ваше внимание на то, что применение системы «Гидрофлоу» не совместимо с ингибиторами накипеобразования (ОДЭФ, ИОМС, «Комплексон», антискаланы, фосфонаты и пр.), т.к. эта группа реагентов оказывает противоположный эффект – она препятствует кристаллизации, в том числе и взвешенной.

Обоснование экономической эффективности установки

1. Аспекты экономии энергии от применения установки в общественных учреждениях и промышленности.

Американской Федеральной комиссией по регулированию энергетики представлена оценка эффекта от потенциального внедрения установок магнитного умягчения воды и контроля образования накипи. Оценка приведена для систем нагрева воды всех федеральных учреждений США (табл. 1).

В документе Федеральной комиссии по регулированию энергетики также приводятся результаты следующего виртуального эксперимента: рассматривается промышленная система теплообменников с ежедневным расходом 350 м³ жесткой воды. Вода содержит 350 мг карбоната кальция на литр. В документе сравнивается текущая стоимость содержания системы теплообменников без установки магнитного контроля накипи со стоимостью содержания системы, в которой такая установка есть. Продолжительность эксперимента 15 лет.

Следует иметь в виду, что 15 лет – это также полный срок службы системы магнитного контроля накипи. Ставка дисконтирования (реальная) – 3,8% в год. Начальные инвестиции в покупку и установку установки магнитного контроля оцениваются примерно в \$10000 в ценах 1998 года. Оценка экономии энергии приведена в табл. 2.

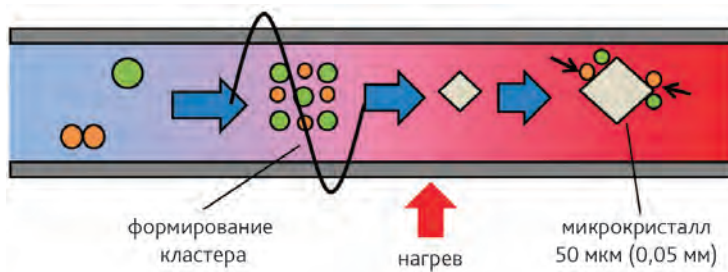


Рис. 7. Система электромагнитной водоподготовки заставляет ионы объединяться в кластеры и уплотняться. При нагреве кластеры кристаллизуются, образуя взвешенные микрокристаллы

Чистая разница в расходах составляет около \$2,75 млн и достигнута в результате начальных инвестиций порядка всего лишь \$10000. Идет речь о соотношении полученной финансовой выгоды к величине инвестиций, что составляет порядка десятка тысяч процентов!

2. Аспекты экономии энергии от применения установки в израильских домохозяйствах.

Элементарный расчет экономии энергии в типичном домашнем хозяйстве выполнен для компании WaterPath учреждением RaniFisherIutzHandasay («Инженерная консультация Рани Фишера»), Израиль.

В составе домашнего хозяйства предполагается наличие электрического водонагревателя, т.к. в Израиле нет централизованного горячего водоснабжения, воду подогревают в индивидуальных бойлерах емкостью 80–120 л. Расчет базируется на связи толщины образовавшегося слоя накипи и дополнительного количества энергии, необходимого на нагревание воды в баке нагревательным элементом.

Оценка, сделанная Рани Фишер, основана на следующие параметрах:

- как правило, в среднем слой накипи имеет толщину от 1 до 6 мм;
- мощность водонагревателя составляет 2,5 кВт;
- среднее за год время работы бака 3,5 ч в сутки;

Таблица 1

	Стоимость, млн \$ в ценах 1998 года
Затраты на оснащение зданий установками магнитного контроля образования накипи	52,8
Экономия энергии	200,3
Чистая экономия (нетто)	147,5

Таблица 2

	Исходная величина расходов, без применения магнитного контроля накипи, млн \$ в ценах 1998 года	Расходы, при наличии магнитного контроля, млн \$ в ценах 1998 года	Разница, млн \$ в ценах 1998 года
	A	B	C = A - B
Затраты на внедрение установки магнитного контроля образования накипи	0	0,0103	-0,0103
Расход энергии за 15 лет	2,769	2,491	0,278
Чистая разница расходов (нетто), текущее абсолютное значение			2,759

- стоимость 1 кВт·ч электрической энергии составляет примерно \$0,1.

При этих предположениях, взяв в расчет трехмиллиметровый слой накипи, перерасход энергии, по сравнению с бойлером, в котором нагревательный элемент полностью свободен от накипи, за год составит примерно \$78.

Также рассматривается стоимость износа (эрозии) приборов, работающих с водой, включая накопительные водонагреватели. Чтобы адаптировать полученный вывод к реальным условиям, необходимо принять во внимание, что наиболее распространенная конструкция водонагревателей в Израиле – это бак, оснащенный специальными солнечными панелями для нагрева воды и встроенным электрическим нагревательным элементом для периодов, когда солнечный нагрев не может использоваться.

Дополнительный электрический нагревательный элемент используется в среднем 3,5 ч в сутки в течение 120 дней в году. Соответственно,

величина избыточной энергии (за исключением солнечной), затраченной вследствие наличия накипи на нагревательном элементе в типичном домашнем хозяйстве, составит не более третьей части от вышеназванной суммы в \$78. Это составляет около \$26. С учетом прогнозного периода 15-ти кратная стоимость сэкономленной за год энергии, при учетной ставке 6,5%, составит примерно \$251.

С общенациональной точки зрения, речь идет не о пренебрежимых суммах. В Израиле примерно 2 млн домохозяйств. Если предположить, что в половине из них будет применяться система электромагнитной водоподготовки, то общая экономия составит порядка \$26 млн каждый год.

Для домашних хозяйств мотивом применения системы «Гидрофлоу» могут стать текущая экономия в размере \$26, а также гораздо большие суммы вследствие предотвращения ускоренного износа, сокращения затрат на обслуживание водонагревателя и бытовой техники.

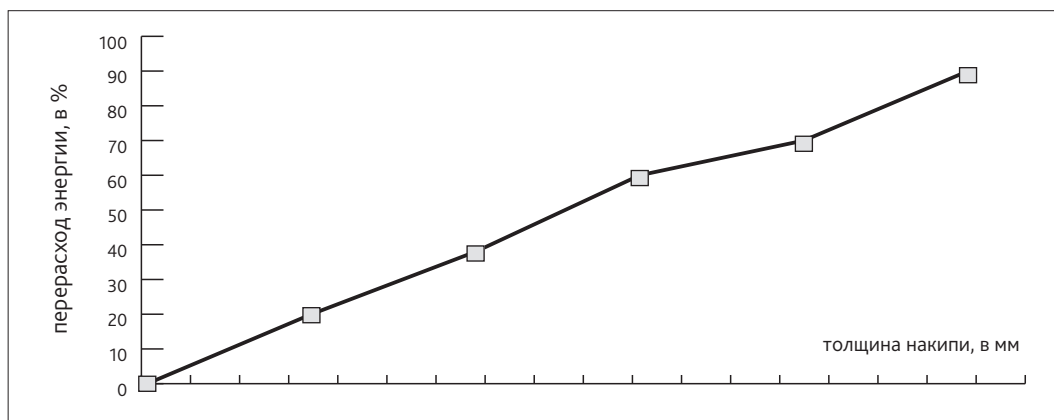


Рис. 8. Влияние толщины накипи на расход энергии электрическим водонагревателем

Таблица 3

Прибор	Цена за прибор, \$		Влияние наличия системы «Гидрофлоу» на срок службы прибора		
	Диапазон цен	Средняя цена	По нижней оценке, лет	По верхней оценке, лет	По средней оценке, лет
Комбинированный солнечно-электрический водонагреватель	663–1990	1325	5–10	10–15	7,5–12,5
Стиральная машина	530–795	663	5–8	8–12	6,5–0
Посудомоечная машина	530–795	663	5–8	8–12	6,5–10

Таблица 4.

Величина сокращения стоимости вложений в бытовую технику, в текущих ценах, в разрезе доходов населения, на момент установки системы электромагнитной водоподготовки

Состав бытовой техники	Грубая оценка распространенности комплекта приборов в группе, %				Сокращение вложений в комплект приборов в текущих ценах, \$	
	30 % наиболее богатого населения	40 % населения со средним достатком	30 % наиболее бедного населения	Домашнее хозяйство всех групп населения	Весь диапазон	Среднее значение
Комбинированный солнечно-электрический водонагреватель и стиральная машина	40	70	80	65	358–1325	690
Комбинированный солнечно-электрический водонагреватель, стиральная машина и посудомоечная машина	55	25	10	30	583–1935	1051

3. Аспекты экономии для семьи вследствие предотвращения ускоренного износа оборудования.

Накись приводит к износу (эрозии поверхности) тел, находящихся в соприкосновении с водой. Практически во всех семьях в Израиле имеется водонагреватель накопительного типа и стиральная машина. А примерно в трети семей есть также и посудомоечная машина. Параметры ускоренного износа бытовой техники были определены компанией Orim по заказу WaterPath. Актуальный диапазон параметров, по данным Orim приведен в табл. 3.

На основании средних параметров износа бытовой техники, с учетом прогнозного периода 15 лет, при учетной ставке 6,5 %, получены результаты сокращения номинальной стоимости вложений, приведенные ниже, в табл. 4.

Эта таблица показывает средние текущие значения сокращения инвестиционных затрат

в бытовую технику, подверженную действию воды, при использовании установки электромагнитной водоподготовки. Другими словами, она отражает текущее значение сбережений в домашнем хозяйстве, вследствие уменьшения износа бытовой техники, вызванного использованием установки системы типа электромагнитной водоподготовки.

Краткий вывод: для 65 % домашних хозяйств, которые отнесены в основном к населению со средним и низким уровнями дохода, прогнозируется снижение износа бытовой техники на сумму в \$690 за счет установки системы электромагнитной водоподготовки. Для 30 % домашних хозяйств, относящихся в основном к населению с высоким и средним уровнями дохода, прогнозируется снижение износа бытовой техники на сумму в \$1051 благодаря установке системы электромагнитной водоподготовки. Расчет проведен с учетом прогнозного периода в 15 лет и учетной ставке 6,5 %.