

Приложение F2 Водосмягчение - водообработка

Соли придающие воде жесткость могут быть придающими воде переменную жесткость (карбонаты) и придающими постоянную жесткость (оставшаяся или не карбонатная жесткость). Ранее в качестве единицы изменения использовали немецкие градусы жесткости (dH°). Эта единица показывает, что вода сколько раз содержит 10гр окиси кальция или эквивалентно этим количество ионов кальция и магnezия (В настоящее время в качестве единицы измерения применяют мвал= 2,8 dH°).

Сумма переменной и постоянной жесткости называется суммарной жесткостью.

Степень жесткости:

0-4 dH°	0-70 мгр/литр = очень мягкая
4-8 dH°	70-140 мгр/литр = мягкая
8-12 dH°	140-210 мгр/литр = среднежесткая
12-18 dH°	210-320 мгр/литр = жесткая
18-30 dH°	320-530 мгр/литр = очень жесткая

Например вода Дуная имеет жесткость 8-12 dH°, из этого переменная жесткость составляет 6-8 dH°, а постоянная 2-4 dH°. Жесткость сетевой воды 15-25 dH°.

Соли приводящиеся к переменной жесткости при кипячении (при нагреве) осаждаются в форме накипи (котельный камень). По сути бикарбонаты кальция и магnezия распадаются на нерастворимые карбонаты кальция и на гидроксид магnezия, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$ при освобождении CO_2 . Возникшее CO_2 является вредным т.к. является корродирующим веществом. Соли оказывающие постоянную жесткость не оседают при кипячении воды, их можно удалить только химводочисткой. Котельная накипь в основном состоит из карбоната кальция, но его уплотненность и прилипаемость получает от содержания в нем силиката кальция ($CaSiO_3$) и от загрязнения маслом, последнее отвечает за оседание накипи ниже 100°C. Котельная накипь образовавшаяся выше 100°C содержит кроме карбоната кальция и сульфат кальция (гипс), а также силикаты.

Самые распространенные виды котельной накипи: гипс, известняк, магнезит, силикат кальция, силикат магnezия, гидроксид магnezия. Эти соли оседают на самых горячих внутренних поверхностях котла и освободиться от них можно практически только химическим путем (обработать кислотой, соляной кислотой). Для удаления накипи служат растворители котельной накипи. Трехнатриевый фосфат (Na_3PO_4) преобразует осажденную котельную накипь в легко растворимые фосфаты кальция и магnezия, но передозировка может повредить системе отопления.

Выделенные из жесткой воды соли имеют плохую теплопроводность. Котельная накипь ухудшает охлаждение пластин и труб, вследствие чего металл нагревается на более высокую температуру. От этого дилатация (расширение от нагревания металла) становится больше, что приводит к усталости сварных швов и самих стальных листов. Из-за этого на участках отложения котельной накипи рано или поздно появляются очень трудно устранимые трещины, т.к. стальные листы, покрытые котельной накипью и их трещины очень плохо свариваются, из-за накипи швы становятся пенистыми.

Так называемая накипестойкость котлов определяется их рабочими температурой и давлением. Например при давлении 10 бар допустимая жесткость воды составляет 3 dH°, для достижения этого достаточно провести содоизвестковую водообработку.

При использовании **щелочной воды** (редко), если содержание соды (карбоната натрия) более 500 гр/м3, необходимо уменьшить содержание жесткости до 300гр/м3 при помощи 10%-ного раствора соляной кислоты.

Кислая вода (вода кислая при менее 7pH, сверх этого щелочная) и высокая температура способствуют образованию коррозии металлических материалов. При таких условиях даже небольшое содержание кислорода воды приводит к образованию коррозии металлических частей котла и труб, а также к их износу. Это становится наглядным при нарастающей окраске воды и/или зашламовании системы.

Котел типа **CARBOROBOT** является комплексным котлом, поэтому обязательно использовать воду жесткости, менее 5 dH°, но нет необходимости в использовании воды намного меньшей жесткости, только при использовании буферных резервуаров с большим объемом(0,11 dH°).



10 мм Котельная накипь

Приложение F2 - Обработка воды

Методы водосмягчения

Способы осаждения (химические способы):

В результате использования осадительных химикатов, соли осаждаются и уменьшается содержание накипеобразующих солей воды. Жесткость и значение pH можно определить тестовой полоской или индикаторными химикатами. (В специализированных магазинах имеются дешевые и дорогие измерительные приборы, но самые дешевые приборы для измерения жесткости воды и pH можно приобрести например в магазинах аквариистики), при осаждении солей содоизвестковым способом можно проверить жесткость воды и фенолфталеина. Если накипь фенолфталеина не приводит к реакции, т.е. вода остается бесцветным, то вода жесткая; а если становится красной, то это указывает на перерасходование осадителя - соды или известковой воды -, а если становится розовой, то вода в достаточной мере мягкая (deurveaux).

Содовый (Na_2PO_4) способ используется с времен эксплуатации паравозов в том случае, когда вода имеет небольшую переменную жесткость и большую постоянную жесткость. В качестве осадителя нужно дозировать к 1 m^3 воды 19 гр 10%-ного содового раствора на каждый немецкий градус жесткости.

Внимание! Передозировка соды может привести к повреждению элементов отопительной системы (алюминий). Этот метод нельзя использовать, когда жесткость воды в большой мере изменяется, т. к. это приводит к пенообразованию.

Жесткость сырой воды	Дозировка соды к 10 литрам воды
5	2.25 грам
10	4.50 грам
15	6.75 грам
20	9.00 грам
25	11.25 грам
30	13.50 грам
35	15.75 грам
40	18.00 грам

При **содоизвестковом** способе применяют в качестве осадителя гашенную известь и соду (карбонат натрия) (с дозировкой $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и Na_2CO_3). В результате реакции CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ образуется осадок, что приведет к уменьшению жесткости воды. Растворением в воде извести получило известковое молоко, которое вместе с содой можно дозировать к воде для умягчения.

Более требовательным, но редко используемым способом водосмягчения является, так называемый **содо-содовый** метод. По этому способу роль гидроксии кальция (гашенная известь) выполняет гидроксид натрия (натристый шелок) и водоумягчение доходит до 0,4-0,7 dH°.

При **трехнатриевом фосфатном** способе водосмягчения дозируемый к воде Na_3PO_4 вступает в реакцию с кальцием и магнием, и образует плохо растворимые сульфат кальция и сульфат магния, которые осаждаются. Для водосмягчения на 1 dH° суммарной жесткости 100 литров воды потребуются 4,51 гр трехнатриевого фосфата.

Внимание! Передозировка трехнатриевого фосфата может привести к повреждению прочих элементов(из алюминия) отопительной системы. Этот способ умягчения воды не применим к воде большой переменной жесткости т.к. приводит к пенообразованию.

Щавелевая кислота ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, отравляющая огнеопасная жидкость, используемая пчеловодами, продается по лицензиям на химикаты). Сущность этого способа водосмягчения: щавелевая кислота связывает соли вызывающие большую жесткость воды и образует с ними нерастворимые осадки, осаждающиеся на дно резервуара (этот материал уже не опасен). Дозировка 20 гр щавелевой кислоты к 100 литрам воды с жесткостью 29 dH° уменьшит жесткость до 3dH°.

Нехимические способы

Ионообменный способ умягчения воды более современный способ при котором можно получить мягкую воду близко к качеству дистиллированной воды. Ионообменные смолы используются в специальных приборах, через которые проходит обрабатываемая вода. Отработанные ионообменные смолы можно восстановить и снова применять.

Фильтрация методом РО-Реверс-Осмоз (Ro-Reverz-Ozmozis) является самым современным процессом употребляющим требовательных средств. Воду нагнетают через тонкие полупропускные пластинки, которые не пропускают соли находящиеся в воде.

Магнитные умягчители воды - их использование не может заменить выше описанные способы, т.к. не подтверждена эффективность метода по избежанию накипеобразования.

Приложение F2 - Обработка воды

Рекомендации жесткости воды по немецким стандартам в таблице

Отопительные приборы горячей воды по DIN EN 128 28; VDI 2035 12/2005

Группа	Отопительная мощность	Максимальный уровень жесткости, падающий на единицу мощности в соотношении объема нк°		
		$< 20 \text{ л/к W}$	$\geq 20 \text{ л/к W}$ и $< 50 \text{ л/к W}$	$\geq 50 \text{ л/к W}$
1	$\geq 50 \text{ kW}$	$\leq 16,8 \text{ нк}^\circ$ при выходящей теплоте	$\leq 11,2 \text{ нк}^\circ$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$
2	$>50 \text{ kW}$ и $\leq 200 \text{ kW}$	$\leq 11,2 \text{ нк}^\circ$	$\leq 8,4 \text{ нк}^\circ$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$
3	$>200 \text{ kW}$ и $\leq 600 \text{ kW}$	$\leq 8,4 \text{ нк}^\circ$	$\leq 0,11 \text{ нк}^\circ$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$
4	$> 600 \text{ kW}$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$	$< 0,11 \text{ нк}^\circ$