

# О КОНЦЕПЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РЕАЛИЗАЦИЮ ВНУТРЕННЕГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ, ЗАЩИТУ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ, СНИЖЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

В системах теплоснабжения стран СНГ допускается работа без необходимой защиты от внутренней коррозии и контроля над ее интенсивностью. В большинстве случаев разрешается также эксплуатация данных систем на объектах, использующих фосфонаты типа ИОМС-1, ОЭДФ-цинк, с ограничением тепловой мощности на 25–60 %. Зачастую отсутствует учет соотношения затрат на водоподготовку и издержек от нее в системе теплоснабжения, не определяется соответствие водоподготовки системе. Переход на универсальную водоподготовку позволит обеспечить экономичную и надежную работу систем теплоснабжения и высокую степень их защиты от коррозии.



**С.Н. СЕНАТОВ,**  
директор ТОО «АКВАС»,  
Алматы

## Соответствие водоподготовки

Концепция водоподготовки (ВП) для систем теплоснабжения и горячего водоснабжения (ТС) стран СНГ изложена в принятых в этих странах Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ). Документ также содержит требование к проектным и эксплуатирующим организациям реализовывать подходы, заложенные в концепции, так как они основаны на длительном опыте эксплуатации ТС. Между тем в большинстве случаев практика расходит с теорией (табл. 1).

**Таблица 1. Требования концепции водоподготовки по ПТЭ и их реализация на практике**

Требования ПТЭ	На практике
Обеспечивать работу ТС на установленных параметрах	+ / -
Обеспечивать защиту от накипеобразования	+ / -
Обеспечивать защиту от внутренней коррозии (коррозии)	-
Обеспечивать надежную и экономичную работу ТС	-

+ – обеспечивается;  
– – не обеспечивается.

Таблица 1 свидетельствует о том, что при водоочистке зачастую используются подходы, не соответствующее Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей, что приводит большинство ТС к таким последствиям, как:

- существенное ограничение тепловой мощности;
- преждевременный износ оборудования из-за недостаточной защиты от коррозии;
- значительные издержки производства тепловой энергии;
- отступление от базовых принципов экономии (более низкий коэффициент полезного действия нагревательного оборудования, несоответствие технологических элементов в системе ТС, передача тепла с максимальным объемом теплоносителя при его минимальной температуре).

**Технологическое несоответствие ВП реальной системе ТС, заключающееся в недостаточной защите ее от коррозии и отложений, – это одна из основных (если не главная) причин неэффективной, ненадежной работы ТС и высокой себестоимости тепловой энергии.**

Основные причины такого несоответствия:

- поверхностное отношение к выбору и состоянию ВП (технические решения принимают специалисты теплоисточников, которые в большинстве случаев не отвечают за всю ТС;
- недооценка степени влияния ВП на состояние и основные показатели работы ТС;
- недопонимание значимости установления контроля над внутренней коррозией оборудования ТС, ее интенсивностью;
- отсутствие учета затрат на ВП – суммы затрат от устранения повреждений оборудования и трубопроводов ТС, уменьшения теплопередачи на водонагревательном оборудовании, увеличения гидравлического сопротивления трубопроводов из-за отложений и коррозии;
- раздробленность реальной ТС на зоны межведомственного и внутриведомственного управления с различной формой собственности и отсутствие единого управления ТС в целом;

- наличие специалиста по ВП в основном на низшем уровне управления ТС (теплоисточник), не имеющего возможности «достучаться» до высшего уровня внутриведомственного управления, тем более до другого ведомства;
- отсутствие интереса к новым, технологически более совершенным и проверенным на практике способам ВП (ингибиторы отложений и коррозии и др.), если их стоимость выше существующих.

Верным признаком недооценки значимости ВП в обеспечении качества эксплуатации ТС служит повсеместная экономия на реагентах для ВП (особенно ингибиторах коррозии и отложений) в ущерб ее технологическому соответствию ТС и базовым принципам экономии.

Поскольку в схемы теплоснабжения заложена возможность работы водонагревательного оборудования в экономичных режимах и на расчетной тепловой мощности, то необходимый объем инвестиций в ВП позволит кардинально уменьшить издержки, износ и восстановить мощности ТС. Это видно из опыта работы ТС развитых стран [2] и некоторых объектов стран СНГ [3, 4].

Издержки всегда в несколько раз или на несколько порядков выше текущих затрат на ВП (исключая затраты на воду), особенно там, где степень износа ТС высока. Поэтому важно иметь четкое представление об их соотношении на каждом объекте.

При анализе состояния ТС и разработке схем развития теплоснабжения [5] зачастую не учитывается базовый принцип: какая ВП, такая и ТС. Обычно уделяется внимание высокой степени износа тепловых сетей, значительному разрыву между установленной и располагаемой мощностью, в то же время принимаются технические решения по ВП, не соответствующие ПТЭ.

В Республике Казахстан разрабатывается Закон «О теплоснабжении» [6], в котором предполагается учесть необходимость единого управления ТС и первостепенного выделения средств на их развитие и поддержание. В Российской Федерации такой закон уже действует, однако живого интереса к установлению соответствия ВП ТС не наблюдается, по-прежнему имеет место экономия на водоподготовке, что приводит к издержкам и ограничениям мощности ТС.

### Основные режимы защиты от коррозии

В соответствии с нормативными и руководящими документами [7, 8]:

- скорость внутренней коррозии не нормируется. Для теплопроводов давлением менее 1,6 МПа допускается скорость внутренней коррозии 0,085 мм/год и соответствующее утолщение стенки теплопровода на 2,5 мм при сроке его службы 30 лет;
- при определении расчетного ресурса эксплуатации трубопровода и наличии технической возможности снижения скорости внутренней коррозии допускается принимать иные значения этого показателя, но не менее 0,03 мм/год.

В соответствии с этими документами интенсивность коррозии оценивается следующим образом (табл. 2).

На практике при нормативном значении содержания кислорода и углекислоты в воде и использовании ВП (методы осаждения, обмена, ионного обмена) для подпитки ТС скорость коррозии составляет  $\geq 0,1$  мм/год.

Фосфонаты групп 1, 3 [3, 4] вместе с деаэрацией обеспечивают дополнительную защиту углеродистых сталей от коррозии. Степень этой защиты зависит от режимов эксплуатации ТС (лето/зима), качества деаэрации и концентрации фосфоната. При неналаженной деаэрации или ее отсутствии

Таблица 2. Оценка интенсивности коррозии

Скорость коррозии, мм/год	Агрессивность сетевой воды
0–0,03	Низкая
0,031–0,085	Допустимая
0,0851–0,2	Высокая
Более 0,2	Аварийная

они обеспечивают основную защиту от коррозии. При использовании фосфонатов группы 3 в среднем интенсивность коррозии находится на допустимом уровне, учитывая, что их концентрация ориентирована на защиту от накипеобразования, а не от коррозии.

В случае использования фосфонатов группы 1 скорость коррозии соответствует уровню «допустимый – высокий», при этом величина показателя на разных объектах может сильно отличаться в силу особенностей этих фосфонатов.

**Снижение интенсивности внутренней коррозии трубопроводов до уровня «низкий – допустимый» имеет большое значение для уменьшения износа оборудования, издержек, капитальных и текущих затрат в ТС, прибавки к толщине стенки трубопроводов.**

Для достижения низкого уровня коррозии (60–70 %), а также рекомендуемого уровня накипеобразования (более 95 %) и обеспечения расчетной мощности ТС предлагается использовать режимы обработки воды № 3, 4, 5, приведенные в таблице 3.

Из таблицы видно, что с усилением защиты от коррозии возрастает доля затрат на фосфонаты: при режиме № 5 в 9 раз по сравнению с режимом № 1, в 4,3 раза – по сравнению с режимом № 2 и в 2,9 раза – по сравнению с режимом № 3. В балансе себестоимости тепловой энергии эти затраты будут

Таблица 3. Режимы обработки воды

№ режима	Фосфонат (ВП), режим обработки воды: лето/зима, мг/л	Усредненная доля затрат на фосфонаты (ВП), %	Ограничение мощности, %	Защита от коррозии, мм/год	Защита от отложений
1	Фосфонат группы 1 (1/4)	1,0	25–60	0,05–0,2	+
2	Натрийкатионирование	3,1 [9]	0	$\geq 0,1$	+
3	Фосфонат группы 3 (2/5)	2,1	0	0,085	+
4	Фосфонат группы 3 (2/15)	5,1	0	0,07	+
5	Фосфонат группы 3 (15/15)	9,0	0	0,05	+

Примечание: в развитых странах усредненная доля затрат на ВП составляет 40–90 % [2], показатель защиты от коррозии – 0,0025–0,00025 мм/год.

компенсироваться снижением доли издержек от коррозии. В конечном счете себестоимость тепловой энергии зависит от степени износа оборудования, его замены в каждой ТС и определяется индивидуально. Следует отметить, что в развитых странах защиту от коррозии принято считать важнейшим фактором, обеспечивающим надежную и экономичную работу тепловых сетей, поэтому и стоимость ВП там на 1–2 порядка больше, чем в странах СНГ.

В настоящее время из всех способов водоподготовки, применяемых в странах СНГ, только универсальная ВП с использованием фосфонатов группы 3 обладает способностью максимально защитить ТС от коррозии.

### Особенности ВП с использованием фосфонатов группы 3

По сравнению с другими режимами ВП с использованием фосфонатов группы 3 [3, 4] АКВАРЕЗАЛТ 1040, АКВА 2020 обладает универсальными стабильными технологическими свойствами во всем диапазоне условий ТС и соответствует концепции ПТЭ и ТС. Переход на этот режим потребует незначительного увеличения текущих затрат на ВП или позволит даже снизить существующие затраты.

Сегодня такой режим ВП успешно применяется на некоторых объектах ТС в странах СНГ. Вместе с тем защиту от коррозии там можно еще более усилить за счет увеличения концентрации ингибитора.

Универсальность, стабильность такой ВП обусловлена двухкомпонентностью состава фосфонатов группы 3, когда один компонент усиливает действие другого и «прикрывает» его слабые стороны. Благодаря этому достигается равномерное ингибирование накипеобразования и коррозии во всех условиях ТС. Кроме того, свойства этих компонентов позволяют обеспечивать:

- термостабильность до 250 °С [9];
- нагрев воды до 95 °С, 115 °С и 150 °С в водогрейных котлах и подогревателях при существующем качестве воды на объектах ТС;
- одновременную защиту от коррозии и накипеобразования, при этом защита от коррозии равномерно регулируется концентрацией ингибитора;
- защиту от коррозии при нормативном содержании кислорода и при бездеаэрационной схеме (регулируется концентрацией ингибитора);

- отсутствие снижения скорости кристаллизации (пороговый эффект) до 15 мг/л концентрации ингибитора и более [10–12];

- увеличение концентрации АКВА 2020 и АКВАРЕЗАЛТ 1040 соответственно до предельно допустимых значений (ПДК) 20 и 40 мг/л, что вполне приемлемо с технологической точки зрения.

Необходимо отметить, что фосфонат группы 1 ИОМС-1 [4] в отдельных случаях обеспечивает даже более высокую защиту ТС от коррозии, чем фосфонаты группы 3. Но в силу его особенностей и существующих для него ограничений (по ПДК) он не может ее гарантировать на большинстве объектов (тем более с одновременным ингибированием накипеобразования при 150 °С). Для другого фосфоната группы 1, ОЭДФ-цинк, в соответствии с гигиеническими нормативами [13] установлена предельно допустимая концентрация 0,6 мг/л (прежде этот показатель составлял 5,0 мг/л), и дальнейшее его использование пока не определено.

В целом же фосфонаты группы 3 характеризуются технологической универсальностью и стабильностью работы в широком диапазоне их концентраций и в различных условиях функционирования ТС, в то время как фосфонаты группы 1 этими качествами не обладают.

### Выводы

1. Характеризуя состояние систем теплоснабжения и горячего водоснабжения стран СНГ, можно отметить следующее:

- защита от накипеобразования достигается с ограничением мощности и температурного графика ТС;
- защита от внутренней коррозии, принципиально обеспечивающая экономичную и надежную работу ТС, не проводится, соответствующие технические решения не принимаются;
- вместо инвестирования в ВП проводится политика мелочной экономии на ней вопреки требованиям технологии производства тепловой энергии и защиты металла от коррозии.

2. Внутренняя коррозия ТС идет в ногу с наружной коррозией, что в итоге приводит к возрастанию объемов ремонта. Реализация технического решения по переходу на универсальную ВП с использованием фосфонатов группы 3 при незначительных финансовых вложениях позволит уменьшить объем ремонта за счет сокращения скорости износа ТС

в 1–3 раза, получить экономическую, социальную, экологическую выгоду при сроке окупаемости в один год.

3. Фосфонаты группы 3 (АКВАРЕЗАЛТ 1040, АКВА 2020) технологически универсальны, стабильны, экономичны и просты в использовании. Они защищают системы теплоснабжения и горячего водоснабжения одновременно от накипеобразования и коррозии на уровне «допустимая – низкая». Кроме того, их использование позволяет обеспечить восстановление тепловой мощности водонагревательного оборудования, его экономичную работу с соблюдением санитарных норм, регулирование температурного графика в диапазоне проектных значений.

4. С целью дополнительной мотивации повышения значимости ВП в системе теплоснабжения необходимо установить периодический учет соотношения «затраты на ВП – издержки от результатов ее работы» и определение ее соответствия ТС.

5. В схемах теплоснабжения населенных пунктов при выборе способов ВП желательно рассматривать техническое решение с использованием фосфонатов группы 3.

6. На отраслевом и региональном уровнях следовало бы создать рабочие группы для организации обследования состояния ТС, координации перевода их водоподготовки на фосфонаты группы 3 и установления соответствующего контроля.

7. Переход на фосфонаты группы 3 можно осуществить в два этапа: первый – защита от накипеобразования и восстановление мощности ТС, второй – максимальная защита от коррозии. При высоком карбонатном индексе воды можно осуществить частичный переход, что даст дополнительную защиту от коррозии.

### Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей: утв. приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 30.03.2015 № 247. – Астана.
2. Балабан-Ирменин, Ю.В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю.В. Балабан-Ирменин, В.М. Липовских, А.М. Рубашов. – Москва: Энергоатомиздат, 1999.
3. Сенатов, С.Н. Современные органические фосфонаты – современный выбор водоподготовки тепловых сетей, возможность увеличения отпуски тепловой энергии / С.Н. Се-

- натов // Энергетика. – 2014. – № 3 (50). – С. 28–31.
4. Сенатов, С.Н. О возможностях современных органических фосфонатов в контексте централизованного производства и потребления теплоты / С.Н. Сенатов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2015. – № 4 (96). – С. 13–18.
  5. Состояние и перспективы развития централизованного теплоснабжения в Казахстане. – Астана: АО «Институт «КазНИПИЭнергопром», 2013. – С. 26.
  6. Протокол круглого стола по проблемам в области теплоснабжения: ОЮЛ «Казахстанская электроэнергетическая ассоциация», Алматы. – 2013. – С. 21.
  7. ГОСТ Р 55596-2013 Сети тепловые. Нормы и методы расчета на прочность и сейсмические воздействия.
  8. Орловский, С.Я. Коррозия тепловых сетей и прибавка к толщине стенки / С.Я. Орловский [и др.] // Евразийский Союз Ученых. – 2015. – № 10 (19). – С. 77–78.
  9. Дрикер, Б.Н. Сравнительная оценка эффективности отечественных и импортных ингибиторов солеотложений / Б.Н. Дрикер, А.Л. Ваньков // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 1.
  10. Балабан-Ирменин, Ю.В. Применение антинакипинов в энергетике низких параметров / Ю.В. Балабан-Ирменин, Г.Я. Рудакова, Л.М. Маркович // Новости теплоснабжения. – 2011.
  11. Цуканова, Т.В. Опыт эффективного импортозамещения ингибиторов в системе теплоснабжения / Т.В. Цуканова // Новости теплоснабжения. – 2015. – № 12 (184).
  12. Цуканова, Т.В. Правила эффективной подготовки подпиточной воды систем теплоснабжения / Т.В. Цуканова // Новости теплоснабжения. – 2012. – № 08 (144).
  13. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.2280-07). – Москва, 2007.