

# ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ФОСФОНАТОВ В КОНТЕКСТЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛА

Уже несколько десятилетий на энергетических объектах СНГ в качестве водоподготовки для систем теплоснабжения и горячего водоснабжения (температурный график 70–150 °С) используются недостаточно технологичные фосфонаты (ИОМС-1, ОЭДФ-цинк и др.). В результате потери мощности основного оборудования составляют 25–60 % от установленной мощности, а кажущаяся невысокая стоимость водоподготовки оборачивается в контексте выработки тепловой энергии перерасходом ресурсов (топливо, металл, электроэнергия, исходная вода), особенно при использовании более жесткой исходной воды.

**С.Н. СЕНАТОВ**, директор по водоподготовке и химической продукции ТОО «АКВАС», Алматы,

**Е.Н. ДЮ**, технический руководитель ТОО «Караганда Энергоцентр»

В теплоэнергетике СНГ принято, что выбор водоподготовки для централизованных тепловых сетей (температурный график 70–150 °С) с использованием фосфонатов (антинакипинов, комплексонов) осуществляется эксплуатирующей организацией, которая производит или собирает производить тепловую энергию.

При этом каждая теплогенерирующая организация действует по своему усмотрению: делает выбор сама или привлекает специализированную организацию для проведения испытаний требуемого перечня фосфонатов и последующего определения наиболее подходящего варианта. То есть окончательный выбор фосфоната, уровня защиты теплосети от коррозии и накипеобразования, а также затрат на водоподготовку и выработку тепловой энергии делает теплогенерирующая организация.

Замечено, что до сих пор для нового или действующего централизованного теплоисточника (температурный режим 70–150 °С) в основном выбираются фосфонаты, которые устарели и ограничивают тепловую мощность источников иногда наполовину [1], сокращают срок службы трубопроводов, увеличивают себестоимость тепловой энергии.

Устранить указанные выше недостатки можно за счет перехода на использование проверенных на практике [1] высокотехнологичных фосфонатов, появившихся после 2000 года.

## Соответствие водоподготовки нормам

В соответствии с правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ), принятыми в Республике Казахстан и других странах СНГ, водоподготовка для централизованных тепловых сетей должна обеспечивать их работу без повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией металла, обра-

зованием отложений и шлама. Это значит, что в рамках допустимых значений должны находиться следующие показатели:

- потери тепловой мощности, металла, топлива, электроэнергии, исходной воды;
- пропускная способность трубопроводов;
- срок службы трубопроводов, сокращение которого во многом обусловлено внутренней коррозией и отложениями по тракту производства, транспорта и потребления тепла и горячей воды;
- присутствие запаха в горячей воде;
- режим передачи тепла (за счет наращивания объемов прокачки сетевой воды, а не за счет увеличения ее нагрева в пределах температурного графика);
- ограничение параметров теплосети из-за качества исходной (сетевой) воды или его изменения.

Также в соответствии с санитарными нормами для питьевой воды и требованиями ПТЭ в качестве водоподготовки должны применяться реагенты с предельно допустимой концентрацией (ПДК), не ограничивающей расчетные параметры теплосети.

Для температурного графика теплосети 70–150 °С всем этим требованиям ПТЭ и ПДК не соответствуют фосфонаты группы 1 (ИОМС-1, ОЭДФК, ОЭДФ-цинк, торговые марки АФОН, АМИНАТ, ОПТИОН и др., обеспечивающие нагрев воды в бойлерах до 100–130 °С) [1], широко используемые в настоящее время в качестве водоподготовки.

Фосфонаты группы 2 (СК-110, ККФ, обеспечивающие нагрев воды в бойлерах до 110–140 °С) [1] имеют более высокие технологические показатели, но также ограничивают мощность теплосетей, имеют ограничения по ПДК и качеству исходной воды.

Фосфонаты группы 3 (АКВА 2020, АКВАРЕЗАЛТ 1040, Гилуфер 422) [1] полностью соответствуют всем требованиям при нагреве воды в бойлерных установ-

ках до 150 °С и почти соответствуют при ее нагреве в водогрейных котлах (140–145 °С на выходе из котла, в котором отсутствуют отложения) при существующем диапазоне качества исходной воды на объектах СНГ.

Несоответствие фосфонатов группы 1 требованиям, их недостаточные технологические возможности по обеспечению работы теплосети без отложений, шлама и коррозии по всему тракту, уровня защиты от коррозии и накипеобразования оборачивается потерями ресурсов, тепловой мощности, снижением срока службы оборудования и приводит к увеличению стоимости тепловой энергии. Таким образом, можно говорить, что применение фосфонатов группы 1 обходится дорого.

Сегодня замена фосфонатов группы 1 на фосфонаты группы 3 – это лучший способ восстановления параметров теплосети, ее экономичности, защиты от коррозии и отложений. Кроме того такой подход к водоподготовке позволит значительно увеличить объем производства тепловой энергии на существующих мощностях за счет повышения среднегодового уровня нагрева сетевой воды.

Продолжение дальнейшего использования фосфонатов группы 1 совершенно необоснованно для теплосетей, рассчитанных на работу при температурном режиме сетевой воды 70–150 °С.

### Затраты и издержки

Долю затрат на фосфонаты в стоимости тепловой энергии в усредненном значении можно представить в виде диаграммы (рис. 1).

Из диаграммы видно, что расходы на фосфонаты незначительны, в то время как доля затрат на топливо и другие составляющие в разы и десятки раз больше. Отсюда следует, что если технологические возможности фосфоната недостаточны, то из-за отложений и коррозии затраты на соответствующий прирост потерь топлива, металла, электроэнергии могут значительно перекрывать расходы на фосфонат.

На практике проследить связь «возможность фосфоната – минимальные потери ресурсов в теплосети» и соответствующее соотношение затрат сложно, осо-

бенно в том, что касается потерь металла. Контроль по образцам за уровнем коррозии в основном не проводится. Поэтому продолжение использования фосфонатов группы 1 почти вслепую приводит к ограничениям и недостаточному уровню защиты теплосетей.

В физическом выражении основные издержки выглядят следующим образом:

- потери тепловой мощности достигают порядка 60 % от установленной при снижении температуры нагрева сетевой воды с 150 °С до 100 °С за счет ограничений, вызванных применением фосфоната группы 1 [1], то есть на объекте производится всего 40 % тепла от возможного;

- доля повреждаемости от внутренней коррозии составляет 25 % (данные по 149 объектам или ~ 15 000 км трубопроводов) [6];

- потери топлива при наличии 1 мм отложений на поверхности нагрева варьируют в пределах 3–15 % [8].

Так, например, за счет замены фосфонатов группы 1 на фосфонаты группы 3 в централизованных системах теплоснабжения Республики Казахстан увеличение производства тепловой энергии может составить не менее 5 млн Гкал в год.

Следует понимать, что технологические возможности фосфоната являются рычагом, сильно влияющим на экономичность и надежность теплосети. Поэтому незначительное (в 1,5–2,5 раза) увеличение стоимости водоподготовки с использованием фосфоната группы 3 не должно становиться препятствием. Эта разница в расходах покрывается за счет снижения затрат, обусловленного сокращением потерь топлива, металла и электроэнергии. Кроме того, существенным фактором является то, что при этом восстанавливаются утраченные параметры теплосети.

### Особенности и возможности фосфонатов группы 3

Единственное кажущееся преимущество фосфонатов группы 1 – в ряде регионов СНГ некоторые из них дешевле фосфонатов группы 3 в ~1,5–2 раза, хотя в других регионах отдельные торговые марки первой группы не уступают фосфонатам третьей по стоимости, а иногда и превышают ее.

Многие теплоэнергетики считают, что фосфонаты групп 1 и 3 – аналоги. На самом деле по технологическим возможностям они не соизмеримы и даже не близки.

Основные особенности фосфонатов группы 3 в том, что они:

- соответствуют или почти соответствуют требованиям ПТЭ, ПДК для водоподготовки теплосетей, их температурному графику 70–150 °С;

- работают при карбонатном индексе сетевой воды до 14 (мг-экв/л)<sup>2</sup> и более за счет возможности регулирования рабочей концентрации фосфоната в широком диапазоне (ПДК до 20 и 40 мг/л соответственно для АКВА 2020 и Акварезалт 1040) и величины рН – до 9,8, не



Рис. 1. Доля затрат на фосфонаты и топливо в стоимости тепловой энергии

зависят от качества сетевой воды (рН, железо, сульфаты, хлориды);

- обеспечивают высокую степень чистоты трубопроводов теплосети и застойных зон (деаэраторы, коллекторы и т.д.) с мягким самоочищением от продуктов всех видов отложений (твердых частиц) через систему горячего водоснабжения, предотвращают появление шлама и вторичных отложений;

- обеспечивают защиту от коррозии на уровне 50–80 % при существующем качестве исходной (сетевой) воды на объектах СНГ;

- имеют более высокую активность (в 2–3 раза), что дает возможность работать при относительно меньших рабочих концентрациях.

Разница в возможностях фосфонатов настолько велика, что при переходе на фосфонат группы 3 в основном устраняется разрыв между располагаемой и установленной тепловой мощностью объекта, появляется возможность покрытия дефицита тепловой энергии, оптимизируются показатели экономичности и надежности теплосети.

Такие высокие технологические возможности фосфонатов группы 3 достигаются за счет:

- использования химически чистого (не содержат цинк и тяжелые металлы), термостойкого продукта производной фосфоновой кислоты с наличием фосфоновых и карбоксильных групп, что, помимо прочего, обеспечивает высокие значения ПДК и ингибирования коррозии;

- применения диспергирующей добавки, которая существенно усиливает действие фосфонатов, что позволяет снизить их рабочую концентрацию, производить постоянную эффективную самоочистку теплосети, сделать состав ингибитора более безопасным с экологической точки зрения, так как диспергатор не содержит фосфор и азот;

- стабильности качества товарного продукта (одновременно рабочего раствора в упаковке), дозирования его одним насосом.

### Защитные свойства фосфонатов

Фосфонат считается достаточно эффективным при величине антинакипного действия не менее 95 % и величине защитного действия от коррозии не менее 80 % [2].

Обычно приоритетом при выборе фосфоната является величина эффективности антинакипного действия и величина рабочей концентрации фосфоната. Этой концентрации должно быть достаточно для:

- предупреждения накипеобразования (карбонатного, сульфатного, магниевого);

- предупреждения образования отложений твердых частиц (железа, окисных, взвешенных веществ и др.);

- очистки от отложений, их транспорта и удаления;

- создания и поддержания в течение всего года слоя, защищающего от коррозии, на внутренней поверхности трубопроводов;

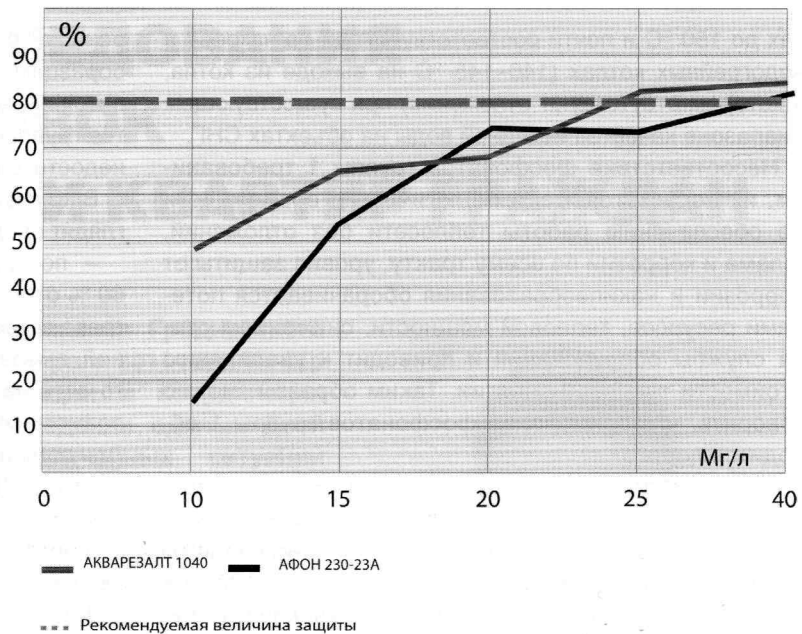


Рис. 2. Сравнительный график защитной противокоррозионной способности фосфонатов групп 1, 3

- обеспечения инерционности теплосети;

- создания буферного запаса (порядка 0,3–0,5 мг/л).

На практике величина рабочих концентраций фосфонатов группы 1 и 3 в зависимости от качества исходной воды принимается в диапазоне 1–5 мг/л и 2–10 мг/л соответственно [1]. Достаточность и наглядный общий уровень этих концентраций для рекомендуемой защиты от коррозии (80 %) хорошо виден на примере отображенных на графике (рис. 2) результатов лабораторных испытаний [3] при 70 °С фосфоната группы 1 АФОН 230-23А (содержит цинк) и фосфоната группы 3 АКВАРЕЗАЛТ 1040. Эти результаты также подтверждаются данными [4, 5].

Из графика видно, что для чистых поверхностей металла:

- рекомендуемая защитная способность от коррозии АКВАРЕЗАЛТ 1040 и цинксодержащего фосфоната достигается при концентрации более 25 мг/л;

- при концентрации 10 мг/л защитная способность от коррозии АКВАРЕЗАЛТ 1040 составляет 48 % и значительно превосходит показатель цинксодержащего фосфоната, составляющий 14 %, но при этом ПДК последнего превышает в два раза.

Другой фосфонат группы 1 ИОМС-1 при концентрации 4 мг/л (ПДК) имеет более высокую защитную способность от коррозии 65 % [6]. Но эта концентрация не обеспечивает защиту от накипеобразования при температурном графике 70–150 °С.

В реальных условиях для защиты теплосетей от коррозии большое значение имеют также следующие факторы:

- фосфонаты группы 3 создают благоприятные условия для образования защитного слоя за счет поддержания высокой чистоты внутренней поверхности трубопроводов по всему тракту теплосетей;

- рабочие концентрации фосфоната группы 3 в сетевой воде будут ниже значений лабораторных испытаний из-за кумулятивного эффекта [7].

На практике [3, 1] применение фосфонатов группы 3 с рабочей концентрацией 3–15 мг/л обеспечивает чистоту поверхности трубопроводов по всему тракту теплосети и защиту от коррозии не ниже допустимого уровня (менее 0,085 мм/год). Соответственно, при более высоких концентрациях уровень защиты повышается. То есть фосфонаты группы 3 обеспечивают рекомендуемый уровень защиты от накипеобразования, а также допустимый и выше уровень защиты от коррозии при температурном графике использования теплосети 70–150 °С. Для фосфонатов группы 1 эти возможности недостижимы.

Следует особо отметить, что на некоторых объектах теплоэнергетики (Караганда [8], Алматы [9] и др.) продолжается использование фосфонатов группы 1 ИОМС-1 с низкой концентрацией 1–1,2 мг/л и карбонатным индексом в исходной воде более 10 (мг-экв/кг)<sup>2</sup>. Это явно не соответствует расчетным параметрам этих объектов [8, 9] и не обеспечивает необходимую защиту теплосетей от коррозии [3, 4, 5, 8, 9].

Выбор фосфоната и его рабочей концентрации по принципу: главное обеспечить защиту от накипеобразования, а от коррозии – как получится, нежелателен, так как экономия на водоподготовке оборачивается значительно большими затратами от потерь металла и увеличения частоты замены трубопроводов.

### Взаимозаменяемость

Фосфонаты группы 3 очень близки (где-то равны) по физико-химическим характеристикам, составу основных компонентов (производная солей фосфоновой кислоты, диспергатор), объему упаковки и могут заменять друг друга на объектах теплоэнергетики.

При этом дозирование, химический контроль и методика определения фосфоната остаются прежними. Различие – в производителях, ПДК и стоимости.

Поскольку активность фосфонатов группы 3 может незначительно отличаться, то соответственно будет различаться и необходимая для конкретного объекта рабочая концентрация выбранного для использования фосфоната, которую при необходимости можно подкорректировать в процессе эксплуатации.

### Выводы

1. Технология водоподготовки для теплосетей с использованием фосфонатов при их выборе должна максимально соответствовать требованиям ПТЭ, ПДК и всем проектным параметрам, обеспечивать работу теплосетей без потерь мощности, ресурсов и срока службы. Экономия за счет выбора недостаточно технологичного фосфоната несравнимо с затратами, вызванными его применением.

2. Применение технологии водоподготовки с использованием фосфонатов группы 1 для централизованных теплосетей с проектным температурным графиком 70–150 °С приводит к существенному ограничению их тепловой мощности и не обеспечивает их экономичную и надежную работу в том интервале ограниченной те-

пловой мощности, при котором они способны работать, особенно при карбонатном индексе сетевой воды более 8–10 (мг-экв/л)<sup>2</sup>.

3. Замена фосфонатов группы 1 на фосфонаты группы 3 с точки зрения технологических возможностей позволяет обеспечить работу теплосетей с проектным температурным графиком 70–150 °С для бойлерной установки (для водогрейных котлов 70–145 °С); увеличить выработку тепла за счет повышения среднегодового уровня нагрева сетевой воды; сократить потери металла, топлива, электроэнергии, износ трубопроводов; оптимизировать стоимость тепловой энергии; обеспечить соответствие водоподготовки требованиям ПТЭ, ПДК.

При замене фосфоната группы 1 на фосфонат группы 3 затраты могут возрасти в 1,5–2,5 раза, но они покрываются за счет соответствующей оптимизации работы теплосети.

### Список литературы

1. Сенатов, С.Н. Современные органические фосфонаты – современный выбор водоподготовки тепловых сетей, возможность увеличения отпуска тепловой энергии // Энергетика. – 2014. – № 3 (50). – С. 28–31.
2. Методические рекомендации по применению антинакипинов и ингибиторов коррозии ОЭДФК, АФОН 200-50А, АФОН 230-23А, ПАФ-13А, ИОМС-1 и их аналогов, проверенных и сертифицированных в РАО «ЕЭС России», на энергопредприятиях: СО 34.37.536. – М., 2004. – 56 с.
3. Ячин, О.В. Анализ рынка ингибиторов отложений и оценка их эффективности / О.В. Ячин, Л.М. Игнарина, И.В. Молгачева, Л.В. Ганина: отчет / ООО ИЦ «Энергопрогресс». – Казань, 2013. – 17 с.
4. Викторов, С.Н. Программа испытаний антикоррозионных свойств препарата «АКВА 2020» / С.Н. Викторов, Л.А. Новоселова: ТОО «Теплотранзит Караганда». – Караганда, 2012. – 3 с.
5. Дрикер, Б.Н. Изучение возможности использования цинковых комплексонов ИОМС для ингибирования коррозии конструкционных сталей / Б.Н. Дрикер, И.П. Сикорский, Н.В. Цирульникова // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 2 (40). – С. 7–9.
6. Балабан-Ирменин, Ю.В. Применение ингибиторов для предотвращения внутренней коррозии трубопроводов систем теплоснабжения при высоком содержании кислорода в сетевой воде / Ю.В. Балабан-Ирменин, Н.Г. Фокина // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 9 (85). – С. 32–35.
7. Заключение ОАО «ВТИ» по результатам испытаний антикоррозионных свойств реагентов Акварезалт. – М., 2009.
8. Сенатов, С.Н. Переход с существующей водоподготовки для подпитки теплосети «ТЭЦ-1 – ТЭЦ-3» на стабилизатор жесткости и диспергатор АКВА 2020 в ТОО «Караганда Энергоцентр». Технико-экономические обоснования / ТОО «АКВАС». – Алматы, 2012. – С. 67.
9. Сенатов, С.Н. Переход с существующей водоподготовки для подпитки теплосети «ТЭЦ-1 – ТЭЦ-2 – ЗТК» на стабилизатор жесткости и диспергатор Гилуфер 422 в АО «АлЭС». Технико-экономические обоснования / ТОО «АКВАС». – Алматы, 2010. – С. 66.