

Опыт реновации систем отопления жилых и общественных зданий

К.т.н. М.В.Лукин, к.т.н. А.В. Рыженков, к.т.н. С.И.Погорелов, к.т.н. С.В. Гужов, д.т.н. А.В. Волков, НИУ «МЭИ», volkovav@mpei.ru

Для восстановления (реновации) и последующего улучшения проектных термогидродинамических характеристик, а также многократного повышения коррозионной стойкости оборудования и трубопроводов систем отопления успешно применяется экологически чистая ПАВ-технология, запатентованная в Российской Федерации.

Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [1] приоритетной целью развития теплоснабжения является достижение высокого уровня комфорта в жилых, общественных и производственных помещениях.

Технический потенциал повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения и теплопотребления в России оценивается в 840 млн Гкал/год [2], что составляет порядка 50% производимой тепловой энергии. Основная часть этого потенциала – повышение эффективности использования тепловой энергии в зданиях (460 млн Гкал) и в промышленности (160 млн Гкал).

Повышение энергоэффективности, экономичности и надежности систем теплоснабжения может быть осуществлено за счет оптимизации структурного построения и управления систем теплоснабжения, развития теплофикационной выработки тепловой энергии и повышение энергоэффективности, экономичности и надежности элементов системы (источника, тепловых сетей и систем теплопотребления) [3].

Одной из основных проблем в системах теплоснабжения Российской Федерации является износ основных фондов теплоснабжения 65-70% и низкая эффективность их функционирования. Например, общее количество тепловых сетей в Российской Федерации, нуждающихся в замене, превышает 28% от их общей протяженности [4]. В этой связи чрезвычайную актуальность приобретает проблема, связанная с повышением эффективности, сохранением и продлением ресурса оборудования и трубопроводов эксплуатирующихся систем отопления зданий. В значительной степени текущее положение предопределяется процессами коррозии и накопления на функциональных поверхностях оборудования и трубопроводов систем отопления зданий оксидов железа и отложений в виде различных солей жесткости (в основном соли кальция и магния).

Как известно, коррозия конструкционных материалов является одной из основных причин повышения аварийности и снижения ресурса различного оборудования.

С другой стороны, накопление на функциональных, в т.ч. теплообменных, поверхностях оборудования продуктов коррозии и отложений является причиной существенного снижения интенсивности теплообменных процессов и снижения пропускной способности трубопроводов со всеми вытекающими последствиями.

Для эксплуатирующих организаций и потребителей тепловой энергии обозначенная проблема является причиной перерасхода электрической энергии на транспортировку теплоносителя, дополнительных расходов на устранение неплотностей систем отопления и последствий протечек, недопоставки тепловой энергии и связанной с этим необходимостью ее компенсации, в том числе с использованием электроприборов.

Традиционно для снижения интенсивности накопления отложений на функциональных поверхностях систем отопления зданий применяется целый ряд методов, но по различным обстоятельствам

актуальность проблемы не снижается [5]. Для удаления отложений с поверхностей приборов отопления и разводящих трубопроводов применяют в основном химические промывки, основанные на применении композиций на основе различных кислот 2 и 3 класса опасности. Применение такого рода композиций в системах отопления с длительным сроком службы всегда сопровождается высокими рисками травмирования металлических поверхностей, образования свищей и протечек, в том числе токсичных моющих композиций при проведении работ.

Для восстановления (реновации) и последующего улучшения проектных термогидродинамических характеристик, а также многократного повышения коррозионной стойкости оборудования и трубопроводов систем отопления успешно применяется экологически чистая ПАВ-технология [6-8], запатентованная в Российской Федерации [9].

Технология базируется на использовании поверхностно-активного ингибитора коррозии, молекулы которого обладают способностью адсорбироваться на металлической поверхности, разрыхлять и отслаивать накопившиеся термобарьерные отложения и продукты коррозии, создавая при этом на поверхности очищенного металла плотноупакованную молекулярную пленку, являющуюся надежным барьером для доступа коррозионно-активных соединений и обладающую способностью значительно уменьшать степень адгезии (сцепляемость) твердых частиц к функциональным поверхностям оборудования и трубопроводам систем отопления.

В рамках настоящей статьи приводится описание результатов реализации ПАВ-технологии для реновации системы отопления здания Санатория-профилактория НИУ «МЭИ», расположенного по адресу: г. Москва, ул. Энергетическая, д. 8, к. 3 (рис. 1).



Рис. 1. Здание Санатория-профилактория НИУ «МЭИ».

Здание профилактория построено в 1930 г. Теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ-11 ПАО «Мосэнерго». Система отопления здания профилактория закрытая, подключена к двухтрубной тепловой сети по зависимой схеме. Распределение теплоносителя – по чердачному помещению, с двухтрубной схемой присоединения отопительных приборов. В качестве отопительных приборов установлены чугунные радиаторы марки М-140АО. Общее проектное количество приборов отопления – 128 шт. Теплоснабжение здания профилактория осуществляется от ЦТП ПАО «МОЭК» по температурному графику 130/70 °С с изломом при температуре наружного воздуха 4 °С. На тепловом вводе установлен

нерегулируемый элеватор, обеспечивающий подачу теплоносителя в здание по температурному графику 95/70 °С. За последние 30 лет эксплуатации системы отопления здания мероприятий по очистке системы отопления не проводилось.

На предварительном этапе реализации ПАВ-технологии была проанализирована имеющаяся в санатории-профилактории техническая документация, касающаяся системы отопления, и проведено комплексное обследование, включающее:

- тепловизионную съемку отопительных приборов;
- вырезки участков трубопроводов и определение химического состава отложений и удельной загрязненности;
- анализ результатов измерений параметров теплопотребления за предыдущий отопительный период.

Анализ показаний теплосчетчика за предшествующий отопительный период показал, что фактическая тепловая мощность системы отопления здания в зоне качественного регулирования температурного графика составляла порядка 80-90% от проектного значения, при этом значения расхода и температуры теплоносителя, поступающего в систему, были близки к расчетным.

Как показали результаты проведенного исследования, основной причиной низкого теплосъема является большое количество термобарьерных отложений, накопленных на поверхностях отопительных приборов и трубопроводах за время эксплуатации в количестве около 2500 г/м² при толщине 1,5-3 мм. (см. рис. 2). Отложения преимущественно состоят из окислов железа (около 75% от общей массы), что свидетельствует об интенсивной коррозии стальных поверхностей. Как правило, такие отложения плотно прилегают к стенкам металла и труднорастворимы даже в концентрированных минеральных кислотах. Исследование поверхности трубы после снятия отложений показало наличие коррозионных язв диаметром от 1 мм до 10 мм при глубине до 2 мм.



Рис. 2. Исходная поверхность участка трубопровода системы отопления.

Работы по реализации ПАВ-технологии были проведены в межотопительный период без ущерба производственной деятельности санатория. Для реализации ПАВ-технологии был использован специально разработанный мобильный технологический комплекс (МТК). В состав МТК входят: мобильная установка (общий вид представлен на рис. 3), химико-аналитическое и диагностическое оборудование.

Мобильная установка состоит из трех конструктивно обособленных модулей: технологического модуля удаления отложений, технологического модуля приготовления эмульсии и технологического модуля нагрева и циркуляции. Технологический модуль удаления отложений предназначен для проведения работ по очистке системы отопления с использованием различных моющих композиций и рабочих сред,

в том числе аэрогидравлических. Технологический модуль приготовления эмульсии предназначен для создания и дозирования водной эмульсии ПАВ с заданной концентрацией и температурой. Технологический модуль нагрева и циркуляции предназначен для организации циркуляционного контура «объект-установка» и нагрева циркулирующей композиции с целью обеспечения условий для адсорбции ПАВ на внутренние поверхности трубопроводов и приборов отопления и формирования молекулярной защитной пленки ПАВ.

При реализации технологии на первом этапе были созданы условия для проникновения молекул ПАВ в микропоры отложений, разрыхления и отслаивания их в виде мелкодисперсного шлама. Это обстоятельство позволило на втором этапе эффективно удалить рыхлые отложения и продукты коррозии без повреждения защитных оксидных пленок, что практически всегда происходит при применении химических промывок. При этом полностью была исключена вероятность забивания проходных сечений трубопроводов и оборудования систем теплоснабжения (стояков и отводов систем отопления, отопительных приборов, пластинчатых теплообменников и др.). На третьем этапе была сформирована на очищенных поверхностях молекулярная пленка ПАВ, обеспечивающая существенное снижение скорости протекания коррозионных процессов и скорости накопления отложений в период дальнейшей эксплуатации и простоя системы отопления.

Концентрация ПАВ в рабочей среде контролировалась с использованием химико-аналитического оборудования МТК. Оценка качества формирования пленки ПАВ в процессе проведения работ производилась с использованием контрольных образцов (образцов свидетелей). Значение удельной сорбции ПАВ на образцах составило 12,35 мг/м². Этого достаточно для обеспечения гарантированной защиты металлических поверхностей от коррозии (увеличение коррозионной стойкости не менее чем в 5 раз) и существенное снижение скорости накопления новых отложений, о чем свидетельствует обширная практика применения ПАВ-технологий в системах теплоснабжения.



Рис. 3. Общий вид мобильной установки.

Качественная оценка эффективности работы отопительных приборов в результате применения ПАВ-технологии была получена при использовании тепловизионной съемки, проведенной до и после выполнения работ при идентичных параметрах теплоносителя и температуре окружающего воздуха. Тепловизионное обследование радиаторов проводилось в соответствии с ГОСТ 26629-85. Температура

воздуха и влажность в помещении определялась аспирационным психрометром М-34М. Температура теплоносителя на входе в отопительные приборы измерялась с помощью штатного термометра, установленного на подающем трубопроводе в тепловом узле здания.

На основе анализа термограмм отопительных приборов (см. рис. 4) установлено, что в результате работ была восстановлена циркуляция теплоносителя через 7 отопительных приборов, работавших на 10-30% от своей проектной мощности, средние температуры на поверхностях всех отопительных приборов увеличились на 2-10 °С, температурные поля выровнялись. В частности, средняя температура поверхности отопительных приборов, расположенных в помещении кухни, увеличилась с 33 °С до 56 °С.

Количественная оценка эффективности системы отопления санатория была получена по окончании следующего отопительного периода. Тепловая мощность системы в результате внедрения ПАВ-технологии увеличилась на 10-20% при идентичных параметрах теплоносителя на вводе в систему отопления (температура и расход) и температуры наружного воздуха, достигнув проектных значений [3, 10]. Кроме того, увеличение мощности системы обеспечило снижение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе в среднем на 2 °С.

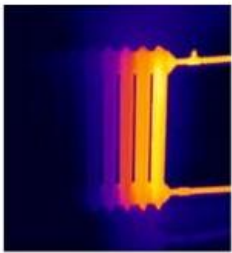
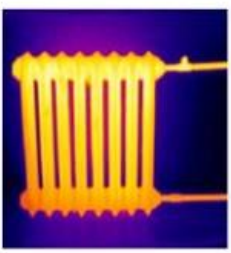
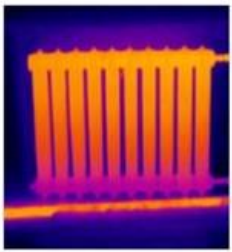
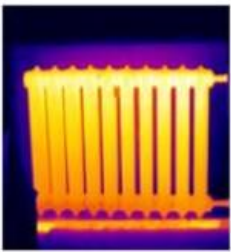
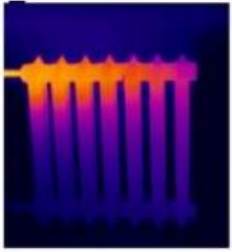

	До реализации ПАВ-технологии	После реализации ПАВ-технологии	Значения температур												
3 этаж, кухня			<table> <thead> <tr> <th></th> <th>$t_{п.маx}$</th> <th>$t_{п.мин}$</th> <th>$t_{п.ср}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До</td> <td>52.6</td> <td>26.4</td> <td>32.6</td> </tr> <tr> <td>После</td> <td>60.5</td> <td>52.3</td> <td>55.9</td> </tr> </tbody> </table>		$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$	До	52.6	26.4	32.6	После	60.5	52.3	55.9
	$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$												
До	52.6	26.4	32.6												
После	60.5	52.3	55.9												
1 этаж, техническое помещение в столовой			<table> <thead> <tr> <th></th> <th>$t_{п.маx}$</th> <th>$t_{п.мин}$</th> <th>$t_{п.ср}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До</td> <td>51.3</td> <td>39.1</td> <td>42.8</td> </tr> <tr> <td>После</td> <td>60.5</td> <td>53.4</td> <td>55.4</td> </tr> </tbody> </table>		$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$	До	51.3	39.1	42.8	После	60.5	53.4	55.4
	$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$												
До	51.3	39.1	42.8												
После	60.5	53.4	55.4												
3 этаж, комната №310			<table> <thead> <tr> <th></th> <th>$t_{п.маx}$</th> <th>$t_{п.мин}$</th> <th>$t_{п.ср}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До</td> <td>51.6</td> <td>36.1</td> <td>40.1</td> </tr> <tr> <td>После</td> <td>60.1</td> <td>50.4</td> <td>55.0</td> </tr> </tbody> </table>		$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$	До	51.6	36.1	40.1	После	60.1	50.4	55.0
	$t_{п.маx}$	$t_{п.мин}$	$t_{п.ср}$												
До	51.6	36.1	40.1												
После	60.1	50.4	55.0												

Рис. 4. Термограммы поверхностей отопительных приборов системы отопления до и после внедрения ПАВ-технологии.

Отличительной особенностью ПАВ-технологии является ее уникальная способность обеспечивать удаление отложений с поверхностей оборудования и трубопроводов системы отопления, не травмируя конструкционные материалы и не осуществляя демонтаж элементов системы теплоснабжения, которая очередной раз была продемонстрирована при проведении работ в санатории.

Полученные данные свидетельствуют о достижении условий повышения качества теплоснабжения, т.е. создании более комфортных условий в отапливаемых помещениях. Реализация ПАВ-технологии

обеспечила и улучшение экономических показателей работы системы отопления, в том числе: повышение надежности системы (экономия затрат на ремонтах, в том числе аварийных), снижение затрат электроэнергии на транспортировку теплоносителя, а также устранение необходимости компенсации недопоставок тепловой энергии потребителям индивидуальными отопительными приборами, потребляющими дорогостоящую электрическую энергию.

Литература

1. «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», утвержденная распоряжением №1715р Правительства Российской Федерации 13 ноября 2009 года.
2. И.А. Башмаков. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения Часть II. Потенциал и мероприятия энергосбережения в системах теплоснабжения. «Энергосбережение». – 2010. – № 2. – С. 46–51.
3. М.В.Лукин. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения. Учебное пособие. г.Тверь. Научная книга, 2015. – 52 с.
4. Анализ состояния централизованного теплоснабжения в России в 2012-2014 гг. Журнал «Новости теплоснабжения», №6 (190), 2017г.
5. В.А.Рыженков, М.В.Лукин. О состоянии проблемы образования термобарьерных отложений и возможности использования минерализованной воды в системах теплоснабжения в качестве теплоносителя. Вестник МЭИ. 2008.
6. Рыженков В.А., Волков А.В., Лукин, М.В. О состоянии проблемы теплоснабжения и опыте реализации ПАВ-технологии для реновации системы отопления здания школы №42 г. Воркуты. Промышленная теплоэнергетика, No.6, 2012.
7. Рыженков А.В., Лукин М.В., Курашаков А.В., Погорелов С.И., Лихачев А.Н, Пульнер И.П., Хритюк Т.Н. Результаты реализации ПАВ-технологии в системе теплоснабжения г.Москвы. Энергосбережение и водоподготовка, №6 (86) 2013г. . Стр.9-14.
8. Рыженков А.В., Лукин М.В., Курашаков А.В., Погорелов С.И. , Карпунин А.П. Результаты работ по повышению эффективности систем централизованного теплоснабжения на основе ПАВ-технологии за 2003-2013 гг. Надежность и безопасность энергетики. №2(25). 2014г. Стр.18-22.
9. В.А. Рыженков, М.В.Лукин, С.И. Погорелов, А.В. Куршаков, А.П. Волошенко. «Способ эксплуатации систем теплоснабжения». Патент РФ на изобретение № 2323391 БИ № 12 от 27.04.2008г. 2с.: ил.
10. С.В. Гужов. Методы определения и способы подтверждения энергосберегающего эффекта при передаче и использовании электрической и тепловой энергии / С.В. Гужов. — М.: Издательство МЭИ, 2015. — 112 с.