

Обеспечение надёжности системы теплоснабжения города: опыт работы в достижении безаварийной эксплуатации тепловых сетей

И.Л. Бондарчук, директор, МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1», г. Йошкар-Ола
(по материалам доклада на Конференции НП «РТ» «Теплоснабжение – 2019», 22-24 октября, Москва)

Введение

МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» – это предприятие с многолетней историей, которая берет своё начало с осени 1943 г., когда в Йошкар-Олу были эвакуированы военные заводы. В 1965-1968 гг. были построены первые участки тепловой сети, её протяжённость в то время составляла всего 4,4 км (рис. 1).

На протяжении десятилетий предприятие непрерывно развивалось и модернизировалось (рис. 2).

Свой современный облик станция начала приобретать с 1970-х годов, в это же вре-

мя городская электростанция была переименована в Йошкар-Олинскую ТЭЦ-1.

На сегодня в состав предприятия входят: ТЭЦ тепловой мощностью 344 Гкал/ч, 30 отопительных котельных установленной мощностью 382 Гкал/ч, 22 ЦТП, 215 км тепловых сетей, 1330 км кабельных и воздушных линий электропередач, 5 подстанций 110/6 кВ и одна подстанция – 35/6 кВ, 27 распределительных пунктов, 426 трансформаторных подстанций, организовано производство электроэнергии мощностью 2,0 МВт на собственные нужды в режиме когенерации. На предприятии трудится более полутора тыс. человек.

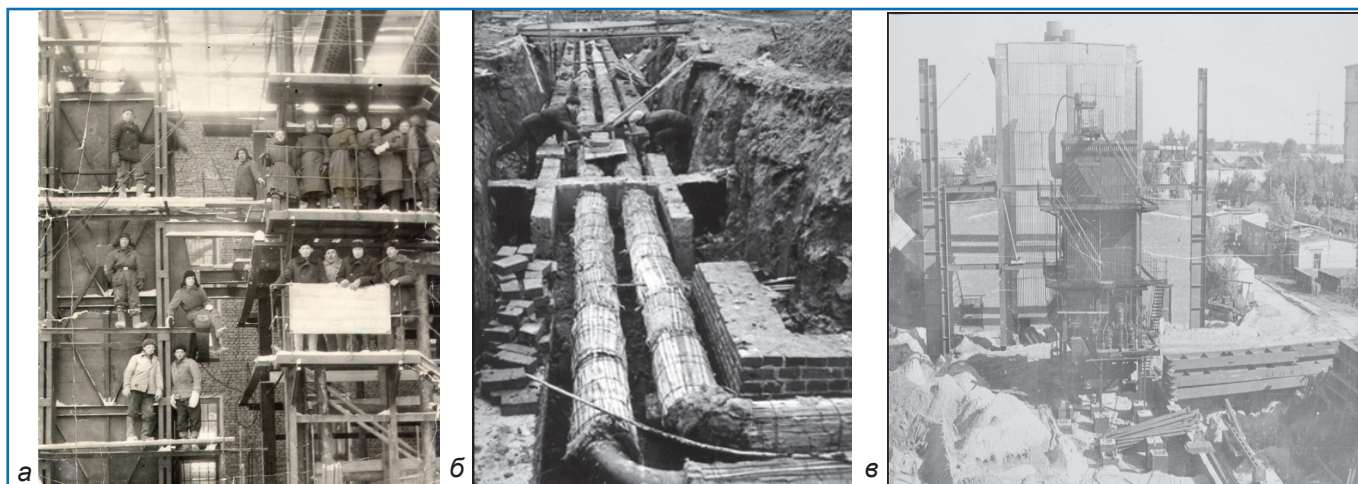


Рисунок 1. Этапы становления ТЭЦ: а - 1952 г., монтаж парового котла «Стерлинг»; б - 1967 г., строительство теплотрассы; в - 1976 г., модернизация водогрейной котельной ТЭЦ: монтаж 4-го водогрейного котла ПТВМ-30М-4.



Рисунок 2. ТЭЦ в наши дни, установка современного водогрейного котла.



Рисунок 3. Состояние тепловых сетей, переданных в муниципальное управление.

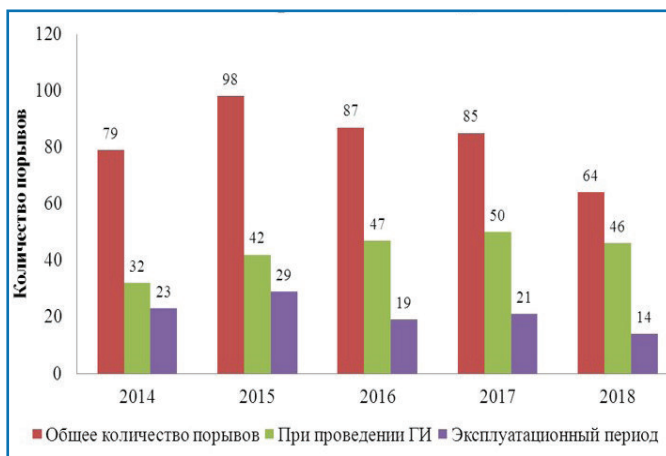


Рисунок 4. Количество порывов на теплосетях при гидравлических испытаниях и в эксплуатационный период за 5 лет.

Мы из числа тех немногих предприятий энергетики России, кто выполняет весь комплекс работ от проектирования, строительства и наладки до эксплуатации, ремонта, диагностики и энергоаудита объектов тепло- и электроснабжения.

Организация эксплуатации тепловых сетей

Одним из основных направлений нашей деятельности является теплоснабжение потребителей, в котором важная роль отводится передаче тепловой энергии по тепловым сетям.

Для этой цели организованы специализированные подразделения:

- Цех тепловых сетей, численностью 125 человек, в том числе две ремонтные бригады, общей численностью 16 человек;
- Цех централизованного ремонта и строительства – 97 человек, в том числе – две бригады по ремонту и строительству, общей численностью 18 человек.

Как известно, переходный период 90-х годов XX в. вызвал массовое банкротство предприятий. Ветхие ведомственные тепловые сети были сброшены в муниципальное управление и переданы нам без финансового сопровождения (рис. 3).

Так протяжённость тепловых сетей с 1999 г. увеличилась более чем в 2 раза – с 96 до 215 км и нам пришлось заниматься приведением их в надлежащее техническое состояние.

Ранее в качестве основного метода выявления критических участков на трубопроводах принимались гидравлические испытания. ТЭЦ-1 проводила испытания пробным давлением 16 кгс/см² в соответствии с проектными решениями. Однако испытание труб под большим давлением приводит к возникновению новых и увеличению мелких, ранее не выявленных трещин до их раскрытия, снижая долговременную прочность. С 2003 г. стали испытывать давлением 12,5 кгс/см², а с 2014 г. – в соответствии с правилами технической эксплуатации – 1,25 рабочего давления (10 кгс/см²). Это обеспечило снижение повреждаемости тепловых сетей при испытаниях и дальнейшей эксплуатации (рис. 4).

Замена трубопроводов по сроку эксплуатации целыми участками от камеры до камеры и ремонты только по факту обнаружения порывов показали свою неэффективность при значительных капитальных вложениях.

Поэтому в начале 2000-х годов специалисты предприятия приступили к поиску эффективных решений по повышению надёжности работы тепловых сетей и оптимизации затрат.

Приоритетными направлениями были выбраны:

- ✓ внедрение диагностирования технического состояния тепловых сетей с последующими плано-предупредительными ремонтами;

- ✓ инструментальное исследование и анализ причин повреждений после их обнаружения;

- ✓ применение современных антикоррозийных, теплоизоляционных материалов, конструкций трубопроводов и способов прокладки;

- ✓ соблюдение технологии ремонта и строительства тепловых сетей;

- ✓ соблюдение водно-химического режима;

- ✓ автоматизация производственных процессов.

Мониторинг и контроль состояния тепловых сетей

Важным аспектом нашей работы для оперативного выявления и устранения факторов, негативно влияющих на состояние сетей, является качественное проведение обходов и осмотров.

Для этого разработаны графики, перечень работ, выполняемых при обходе и осмотре, маршруты, заведены специальные журналы.

Так, при обнаружении подтоплений или заиливания тепловых камер и каналов сетей принимаются меры по откачке воды и их очистке (за прошедший паводковый период в 2019 г. объём откачанной воды составил около 3000 м³).

Мониторинг и контроль состояния тепловых сетей осуществляется в соответствии со схемой (рис. 5).

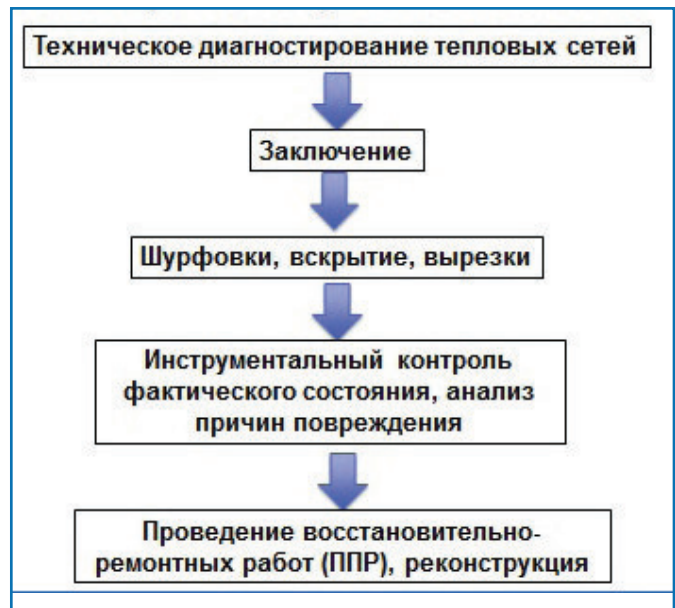


Рисунок 5. Схема мониторинга и контроля состояния тепловых сетей.

1. Техническое диагностирование тепловых сетей. В 1992 г. была организована лаборатория неразрушающего контроля и диагностики. Лаборатория оснащена всем необходимым поверенным оборудованием и состоит из шести специалистов: зав. лабораторией, три инженера и два дефектоскописта.

Весь персонал проходит своевременное обучение, аттестацию и повышение квалификации. Контроль оборудования и металла ведётся методами визуально-измерительного контроля, ультразвукового контроля, акустического, радиационного и капиллярного контроля, проводятся механические испытания и металлографические исследования материалов (рис. 6).

И только с 2005 г. – с приобретением течеискателя начинается полноценная инженерная диагностика подземных участков трубопроводов с использованием программ «Течь» и «Инженерная диагностика» с периодичностью:

- магистральные трубопроводы – один раз в три года (в среднем в 3,5 км год);
- квартальные сети – один раз четыре года (в среднем 11 км в год) (рис. 7).

2. Заключение. С 2005 по 2018 гг. с помощью указанного прибора на участках тепловых сетей обнаружено 306 порывов и по ним выданы заключения.



а



б

Рисунок 6. Техническое диагностирование Лаборатории неразрушающего контроля и диагностики: а - замеры потенциала блуждающих токов; б – толщинометрия.

Программой «Инженерная диагностика» определяются критические (с коррозионным износом, утонением стенки более 60%), докритические участки (с утонением от 40% до 60%) или удовлетворительные, с достаточным запасом остаточного ресурса (с утонением до 40 %) (рис. 8, 9). В вышеуказанный промежуток времени по результатам инженерной диагностики выдано 591 заключение.

Результаты диагностики по программе «Инженерная диагностика» и по программе «Течь» представлены на рис.10, 11.

3. Шурфовки, вскрытие, вырезки. По результатам инженерного диагностирования составляется график шурфовок. За 5 лет проведено 950 шурфов.

4. Инструментальный контроль фактического состояния, анализ причин повреждения. При вскрытии производится инструментальный контроль фактического состояния, определяется необходимость и срочность проведения ремонта, выясняются и анализируются причины повреждения.

Аналогичная работа проводится и при обнаружении порывов с составлением акта расследования.



Рисунок 7. Инженерная диагностика труб с помощью течеискателя.



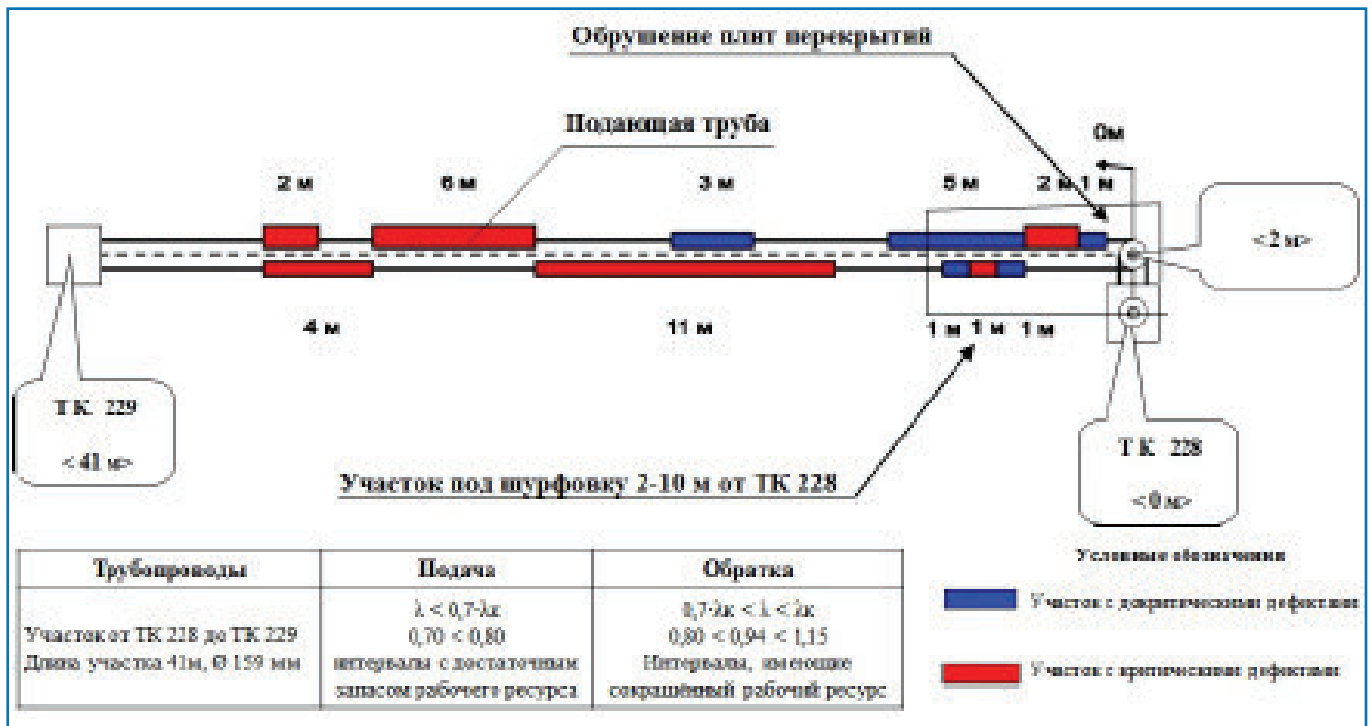


Рисунок 8. Схематическое представление результатов программы «Инженерная диагностика». Участок тепловой сети от ТК 228 до ТК 229 в районе КВ-22. Длина участка 41 м. Отсчёт – от ТК 228.

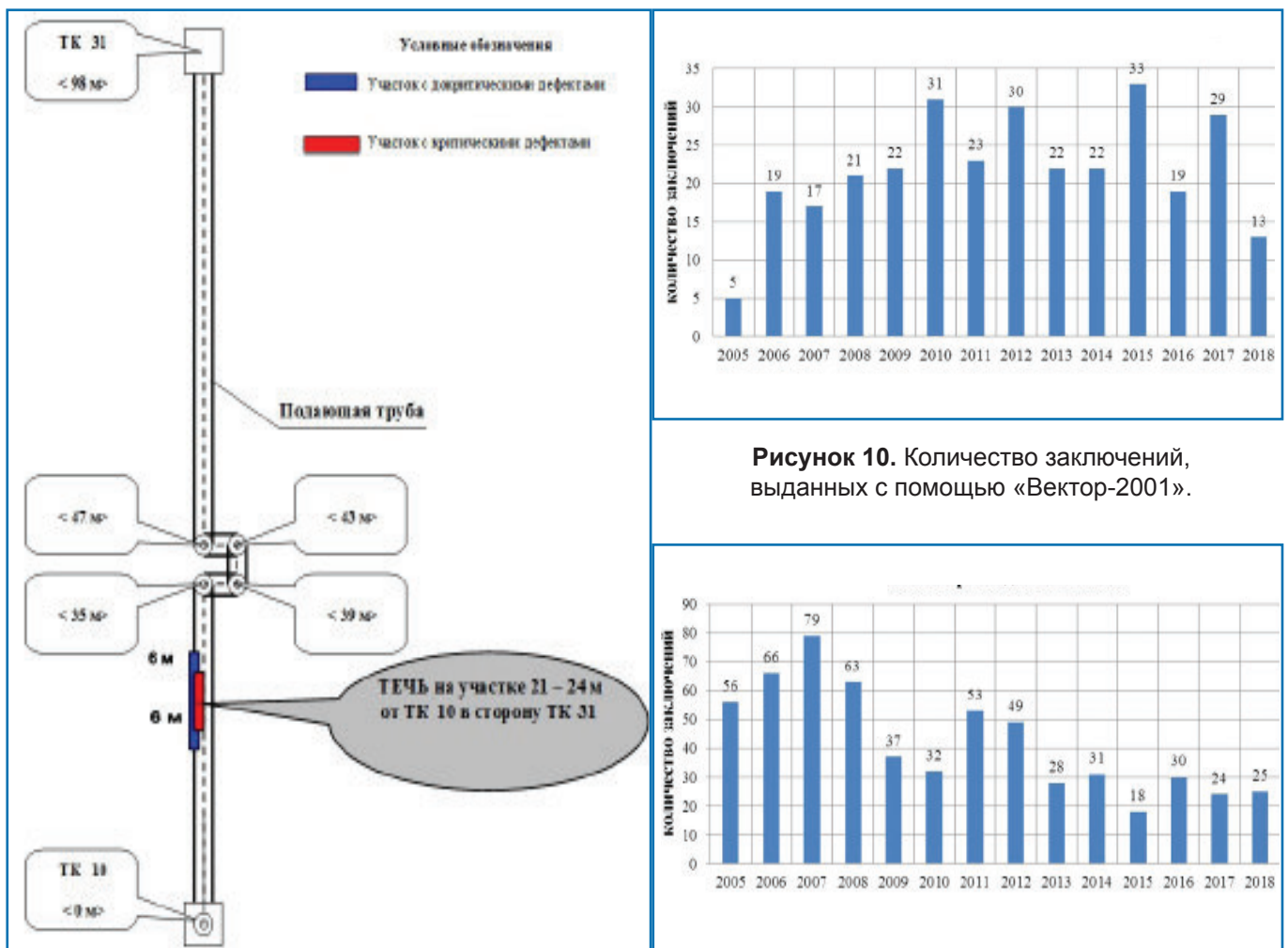


Рисунок 9. Схематическое представление результатов программы «Течь». Участок тепловой сети от ТК 10 до ТК 31 в районе ЦТП-11. Длина участка 98 м. Отсчёт – от ТК 108.

Рисунок 10. Количество заключений, выданных с помощью «Вектор-2001».

Рисунок 11. Количество заключений, выданных по результатам инженерной диагностики.

5. Проведение восстановительно-ремонтных работ (ППР), реконструкция. В соответствии с конечными результатами обследования принимается обоснованное решение по устранению дефектов участков или отдельных труб тепловой сети.

Например, причиной повреждения трубы явилась наружная коррозия вследствие постоянного подтопления грунтовыми водами.

Принято решение – реконструкция трубопровода с перекладкой бесканальным способом в предизолированном исполнении.

Ведение ремонтно-восстановительных работ

Ещё в 1990-х гг. на предприятии было принято решение ежегодно капитально ремонтировать порядка 4% от общей протяжённости сетей.

Переход на другой подход к ремонту (не участками по сроку эксплуатации, а по фактическому техническому состоянию) позволил оптимизировать объём ремонтируемых сетей без ущерба надёжности теплоснабжения потребителей.

В результате объём ремонта тепловых сетей сократился вдвое (рис. 12).

Применение современных антикоррозионных теплоизоляционных материалов

Для ремонтно-восстановительных работ применяются современные антикоррозионные теплоизоляционные материалы, прошедшие испытания в собственной лаборатории энергоаудита. Проверяются заявленные производителем характеристики, сравниваются с уже применяемыми материалами.

Результатом этой работы является рекомендация к применению в конкретных условиях, в сопоставлении «цена-качество».

Например, с 2015 г. в качестве антикоррозионной защиты используется термостойкая эмаль из Нижегородской области. До этого времени пользовались антикоррозионной мастикой владимирского производителя.

Реконструкция трубопроводов с перекладкой производится с применением предизолированной продукции. В настоящее время такой способ прокладки трубопроводов (бесканальный с предизолированными трубами с системой оперативного дистанционного контроля (СОДК) состояния теплоизоляционного слоя) является основным: доля таких тепловых сетей составляет 20 км, это – около 10% от общей протяжённости сетей.

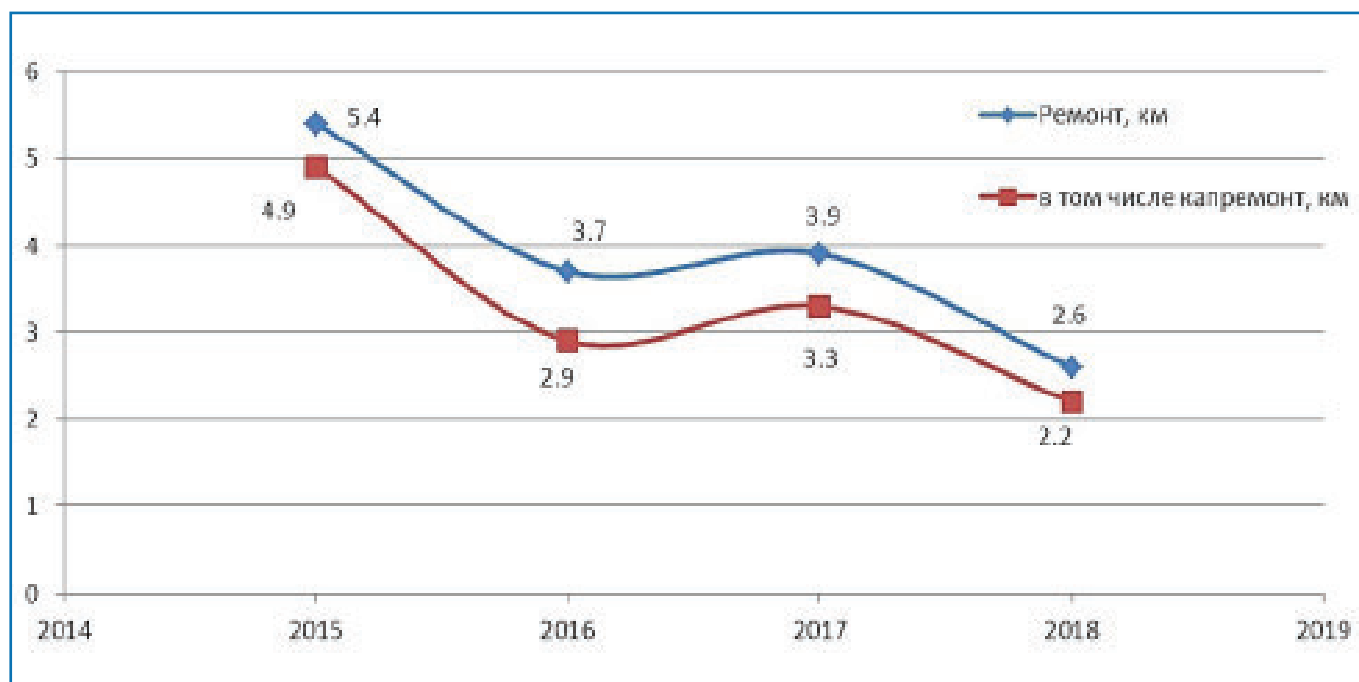


Рисунок 12. Объём ремонта тепловых сетей с 2015 г.

Для локально-вставочного ремонта в качестве теплоизоляции на предприятии применяются скорлупы из пенополиуритана (ППУ) (рис. 13).

С 2003 г. на МУП ТЭЦ-1 организовано собственное производство скорлуп ППУ (диаметром от 57 до 273 мм) – в год на 5,5 км теплосетей). На сегодняшний день предприятием проложено 64 км теплосетей в скорлупах ППУ.

При этом важно правильно смонтировать скорлупы: если стык скорлуп расположить неправильно на горизонтальном участке трубопровода, то на нижней половине скорлупы будет скапливаться влага (конденсат, атмосферные осадки). Это приводит к усиленной наружной коррозии нижней части трубопровода, вплоть до сквозного поражения (рис. 14).

В сетях с температурным графиком 95-70 °С, 60-50 °С приоритет отдаётся применению трубопроводов из сшитого полиэтилена в предизолированном исполнении. В 2019 г. по данной технологии было проложено около 500 м сетей в двухтрубном исчислении и около 500 м – в предыдущие годы (рис. 15).

В данном направлении важным является качество материалов. С этой целью производится строгий входной контроль приобретаемых материалов, по результатам которого проверяется соответствие его нормативным требованиям с составлением актов. И только, прошедшие проверку материалы, допускаются к дальнейшему использованию.



Рисунок 13. Реконструкция тепловой сети по ул. Красноармейская с использованием в качестве теплоизоляционного материала ППУ-скорлуп.



Рисунок 14. Неправильный монтаж скорлуп ППУ с наружной коррозией трубопровода.



Рисунок 15. Монтаж трубопроводов из сшитого полиэтилена на объекте.



Рисунок 16. Проверка отремонтированного участка сети с помощью ультразвукового толщиномера.

Основными контрольными операциями по определению качества ремонта и строительства являются:

- ✓ входной контроль;
- ✓ операционный контроль;
- ✓ приёмочный контроль.

Все операции выполняются Лабораторией и цехом тепловых сетей.

Входной контроль осуществляется до начала выполнения работ и включает в себя:

- контроль за наличием рабочей технологической документации;

- контроль квалификации сварщика, дефектоскопистов и инженерно-технических работников, руководящих работами по сборке, монтажу, сварке и контролю;

• контроль качества основных материалов (листов, труб, фасонных элементов и т.д.);

- контроль качества сварочных, вспомогательных материалов;

- контроль работы оборудования, приборов, наличие и исправность инструмента и приспособлений;

- наличие результатов испытаний пробных (допускных) образцов;

- контроль правильности выбранного режима сварки и технологии монтажа.

Операционный контроль включает в себя контроль соблюдения технологии в процессе сборки, монтажа, сварки (рис. 16, 17).

Приёмочный контроль проводится после выполнения всех технологических операций следующими методами:

а) визуальный осмотр и измерения – подвергаются 100%;

б) ультразвуковая дефектоскопия или радиационный контроль – проводится на стыковых сварных соединениях;

в) цветная дефектоскопия – проводится на угловых сварных соединениях;

г) гидравлические испытания – им подвергаются вновь построенные и реконструируемые сети после положительных результатов неразрушающих видов контроля.



Рисунок 17. Входной контроль качества сварного шва.

Объёмы контроля качества устанавливаются пректной и нормативно-технической документацией. Так, в 2018 г. при монтаже, ремонте, реконструкции тепловых сетей проведён контроль более двухсот сварных соединений с использованием рентгеновского аппарата, ультразвуковых дефектоскопов и ультразвуковых толщиномеров.

Строгое соблюдение водно-химического режима

Огромное влияние на внутренне состояние трубопроводов тепловых сетей оказывает водно-химический режим.

Ежегодно около 2 млн м³ воды, отпускаемой в тепловую сеть, проходит должную химводоподготовку на источниках, специалистами контрольно-аналитической лаборатории химического цеха в непрерывном режиме осуществляется технологический контроль нормируемых показателей качества воды. В результате наше предприятие добилось полного отсутствия внутренней коррозии трубопроводов.

С целью обеспечения устойчивой, стабильной работы деаэрационных установок, улучшения выходных параметров по содержанию кислорода, были успешно внедрены разработки конструктора Зимина Бориса Алексеевича с использованием центробежно-вихревых деаэраторов, что позволило существенно снизить риски возникновения кислородной коррозии в эксплуатируемых т/сетях. Реконструированы и успешно эксплуатируются 8 деаэраторов атмосферного типа и два деаэратора, работающие в вакуумном режиме.

Автоматизация и цифровизация производственных процессов

Модернизация источников теплоснабжения с внедрением автоматизированных систем исключает влияние человеческого фактора и позволяет:

- ✓ удалённо управлять оборудованием;
- ✓ поддерживать в автоматическом режиме температурные и гидравлические режимы;

- ✓ контролировать состояние оборудования (включение, отключение, авария), измерение параметров: температур, давлений, расхода тепла и электроэнергии;

- ✓ собирать данные со всех объектов, формировать режимные документы, строить графики параметров и отклонений от рабочих параметров;

- ✓ хранить историю, составлять отчёты, обрабатывать статистическую информацию;

- ✓ обеспечивать плавное регулирование гидравлических режимов, исключая резкие изменения давления, вероятность возникновения гидравлических ударов, и, как следствие, положительно сказывается на степени повреждаемости тепловых сетей.

Срок окупаемости модернизации, автоматизации объектов составляет: для отопительных котельных – в течение 2-3 лет, для ЦТП – в течение отопительного периода.

На предприятии в период с 2004 по 2019 г.:

- автоматизировано 14 котельных, которые в настоящее время работают без оперативного персонала, а параметры их работы выведены на диспетчерский пункт (рис. 18);

- к 2015 г. все 22 ЦТП автоматизированы, информация о работе ЦТП в режиме реального времени поступает на монитор диспетчерского пункта цеха тепловых сетей (рис. 21);

- в отопительных котельных и ЦТП установлено 72 преобразователя частоты.

Новым направлением в 2019 г. стала – цифровизация процессов работы.

Сейчас данные системы оперативного дистанционного контроля (это более 120 точек по всему городу) пока собираются вручную бригадой из двух человек на автомашине каждые 10 дней.

На предприятии запущен полномасштабный проект NB-IoT на сети для автоматизированного сбора и передачи данных о состоянии изоляции предизолированных тепловых сетей.

Совместно с мобильным оператором проработана и внедрена система непрерывного контроля состояния труб с использованием СОДК.



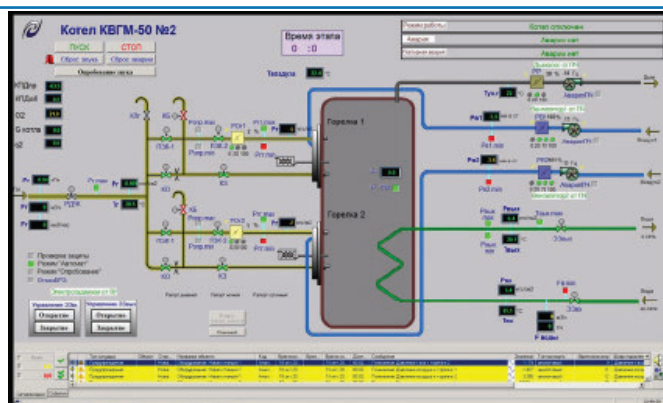
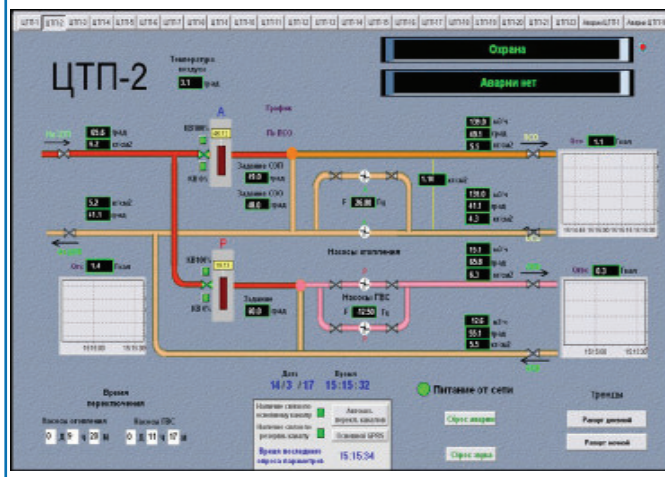


Рисунок 18. Автоматизация отопительной котельной «Заречная».



Рисунок 19. Диспетчерский пункт и мнемосхема автоматизированного ЦТП № 2..



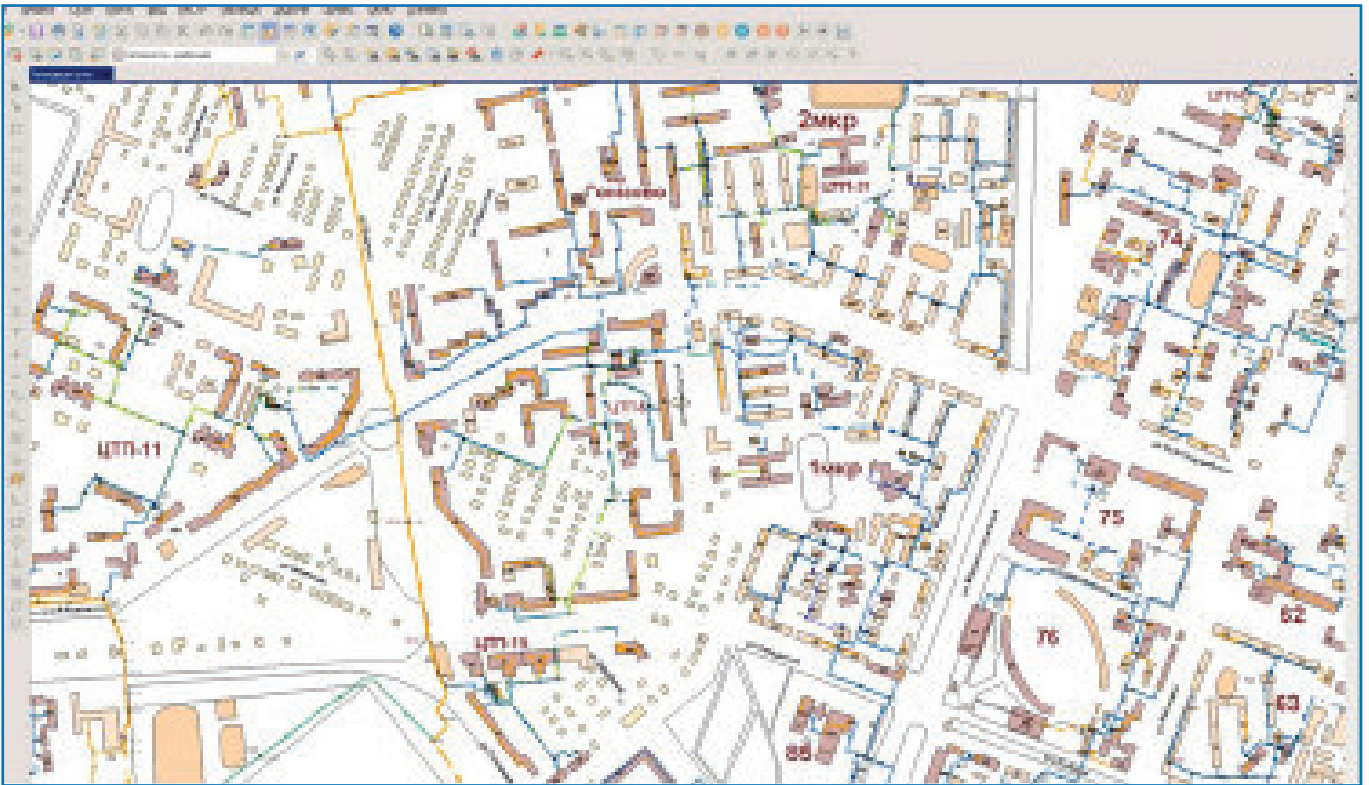


Рисунок 20. Установка коверов в контрольных точках на карте города.

Совместно с мобильным оператором разработан специальный прибор – «ЗЕВС-18», который в режиме онлайн контролирует состояние изоляции; обработка данных с приборов производится автоматически в любой требуемой форме (рис. 20, 21).

Таким образом, выбранные предприятием направления, их реализация и достигнутые результаты показали правильность выбранного пути, по которому мы идём.

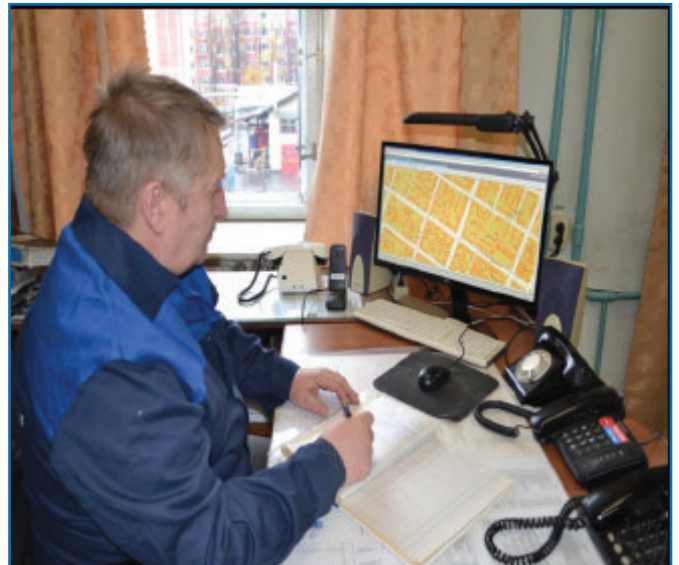


Рисунок 21. Вывод информации о состоянии тепловых сетей на экран диспетчерского пункта.



Заключение

Планомерная качественная постоянная работа по поддержанию эксплуатационного уровня тепловых сетей является менее затратной, не требующей разовых крупных финансовых вложений, концессионных соглашений и других экстренных мероприятий.