

$$\eta_{ТН} = e^{6yx} / e^{ax} = (e^{ax} - \sum d) / e^{ax}$$

Здесь:  $e^{6yx}$  - эксергия на выходе из установки;  $e^{ax}$  - подводимая эксергия к установке;  $\sum d$  - суммарные потери эксергии в элементах установки.

Таблица 3. Оценка эксергетической эффективности работы ТНУ с горизонтальным контуром отбора тепла от сухого грунта.

Параметр	Хладагент R407C
Эксергия на входе, $e^{ax}$ , кДж/кг	50,08
Суммарные эксергетические потери, $\sum d$ , кДж/кг	30,18
Эксергетический КПД, $\eta_{ТН}$	0,40

Анализ показал, что максимальные потери эксергии имеют место в компрессоре, конденсаторе и дроссельном устройстве (табл.3) Снизить эксергетические потери можно за счет включения в схему ТН дополнительного теплообменника, находящегося за конденсатором, для нагрева воды для систем горячего водоснабжения, отопления теплиц, подогрева воды в бассейне и т.п.

Тепловые насосы для малоэтажного теплоснабжения в Сибири являются реальным средством энергосбережения, обеспечивая экологически чистые условия проживания. Однако в климатических условиях Сибири использование тепла верхних слоев грунта не позволяет достичь высоких показателей эффективности ТНУ без применения низкотемпературных систем теплоснабжения и восстановления температурного потенциала подземного контура тепла в летний период.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта № 14-08-31621*

#### Список литературы:

1. Мезенцев И.В., Мезенцева Н.Н., Малов Н.М., Елистратов С.Л., Елистратов Д.С. Разработка и комплексное исследование эффективности теплонасосной технологии теплоснабжения коттеджей в природно-климатических условиях Сибири. Сборник трудов научно-практической конференции «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». – Новосибирск. 2013, С. 32-33.
2. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод анализа и его приложения. Под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
3. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 158 с.

#### Предложения по совершенствованию технической политики при выполнении работ по реконструкции, капитальному, аварийному и текущему ремонту элементов тепловых сетей с применением и внедрением новых технологий

*Москалёв И.Л.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

E-mail: [moskalew@tpu.ru](mailto:moskalew@tpu.ru)

В данной работе рассмотрена система централизованного теплоснабжения на примере одного из крупных городов Российской Федерации. Проведен анализ существующей системы формирования работ по подготовке города к отопительному сезону. Разработаны предложения для включения в раздел технической политики в разрезе выполнения работ по реконструкции, капитальному, аварийному и текущему ремонту оборудования тепловых сетей (ТС) с применением и внедрением новых технологий, обеспечивающих более эффективную работу оборудования.

Рассматриваемая система теплоснабжения помимо источников тепловой энергии и потребителей тепла, включает в себя совокупность магистральных и распределительных трубопроводов общей протяженностью 553924 м в 2-х трубном исполнении и инженерных сооружений (перекачивающие насосные станции, центральные тепловые пункты, контрольно-регулирующие пункты) в количестве 98 шт. (рисунок 1).

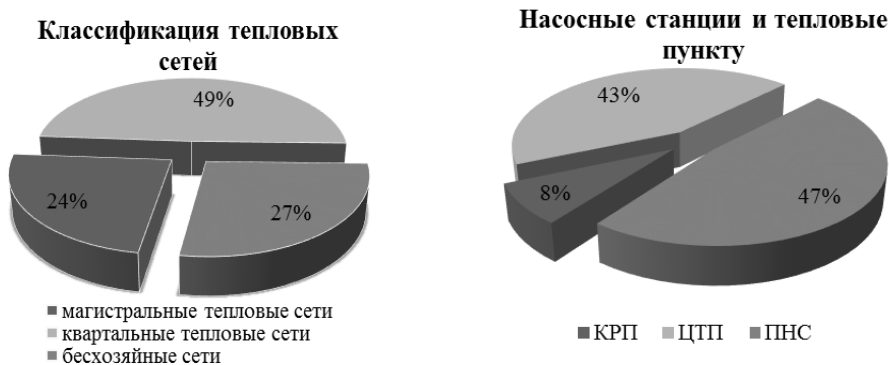


Рис. 1. Общая характеристика системы транспортировки тепла (тепловых сетей)

Для выполнения работ по подготовки города к отопительному сезону за анализируемый период (с 2009 по 2013 гг.) ежегодно выделяются денежные средства в следующем размере:

- ремонт магистральных сетей – 19% (от общей суммы);
- ремонт арендованных сетей – 81%, в том числе аварийно-восстановительный ремонт бесхозных объектов – 5%.

Необходимо отметить, что магистральные и распределительные трубопроводы отличаются условиями эксплуатации (режим использования, износ и т.д.), качеством ремонта, диаметром труб. В связи с этим далее анализ текущих и капитальных ремонтов будем производить раздельно для магистральных и распределительных сетей:

В настоящее время на балансе находится 130884 м магистральных трубопроводов (в двухтрубном исчислении). Протяжённость магистралей со сроком эксплуатации свыше 25 лет (100 % износ) равна 86169 м, что составляет 66% от общей протяженности, причем 42934 м из них - это трубопроводы подземной прокладки.

Общая протяжённость распределительных сетей составляет 423040 м, и классифицируются по балансовой принадлежности следующим образом:

- собственные квартальные сети – 11402 м;
- распределительные (квартальные) ТС, находящиеся в аренде у энергоснабжающей организации (ЭСО) – 261448 м;
- бесхозные тепловые сети, находящиеся на обслуживании ЭСО – 150190 м.

На рисунке 2 представлен анализ повреждаемости сетей с 2009 по 2013 гг.



Рис. 2. Анализ повреждаемости ТС с 2009 по 2013 гг.

Данные повреждения были выявлены и устранены по результатам плановых гидравлических испытаний в ходе летних ремонтных кампаний. Анализ данных повреждений

показывает, что количество повреждений на протяжении последних лет неизменно растет и остаётся на высоком уровне.

Последняя перекладка магистральных ТС по статье капитального ремонта производилась в 2002 году. В последующие годы ремонт магистралей из-за недостаточного финансирования при выявлении повреждений ограничивался заменой лишь части участка поврежденного трубопровода, а то и вовсе установкой заплаток.

Происходит огромное отставание в выполнении необходимых объемом переключков (рисунок 3).



Рис. 3. Анализ замены магистральных и распределительных трубопроводов с 2009 по 2013 гг.

Согласно нормативной документации, замена участков ТС должна проводиться не реже одного раза в 16 лет, что составляет 22,6 км ежегодно.

Помимо ремонта трубопроводов ежегодно выполняется текущий ремонт тепломеханического оборудования ЦТП и ПНС, необходимость выполнения ремонта вызвана следующими факторами:

- невозможностью поддержания оборудования в работоспособном состоянии;
- повышением возможности возникновения аварийных ситуаций;
- снижением надежности теплоснабжения потребителей Города, возможность возникновения аварийных ситуаций в условиях низких температур, изменение качества предоставляемых услуг населению может повлечь за собой наложение штрафных санкций со стороны контролирующих органов.

Рассмотрим распределение затрат на ремонт ТС за рассматриваемый период:

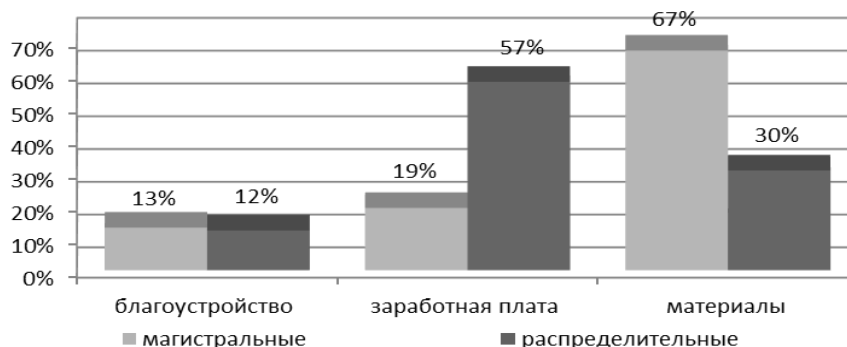


Рис. 4. Распределение затрат на текущий ремонт

Согласно рисунку 4, самым затратным фактором при текущем ремонте для магистральных сетей является заработная плата (57%), а для распределительных – материалы (67%). Это

обусловлено характером выполняемых работ и высокой стоимостью трубопроводов больших диаметров. Так, например, магистральные сети характеризуются большими диаметрами (более 200 мм) и малым количеством повреждение по отношению к повреждениям распределительных сетей, соответственно ремонт данных сетей сопровождается минимальной перекладкой по протяженности заменяемых участков и дороговизной трубопроводов большого диаметра. Ориентировочная стоимость строительства 1 метра подземной предизолированной трубы по каналу с благоустройством (2Ду) подземной прокладки и 1 метра надземной предизолированной трубы (2Ду) по данным на 2 кв. 2014 г. представлена на рисунке 5.

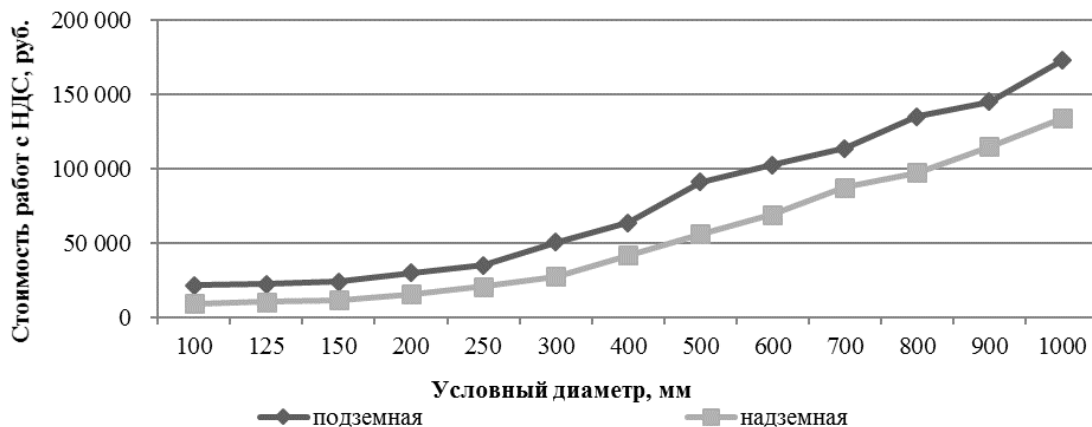


Рис. 5. Ориентировочная стоимость строительства 1 метра предизолированной трубы

Изменение затрат на выполнение работ по восстановлению нарушенного благоустройства обусловлено ежегодным увеличением повреждений в летнюю ремонтную кампанию и увеличением объемов выполнения работ по благоустройству мест проведения раскопок.

Финансирование ТС по способу выполнения работ распределилось следующим образом:

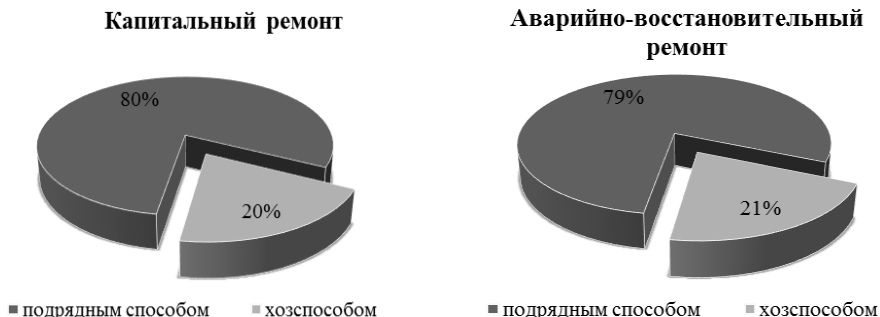


Рис. 6. Распределение затрат на аварийно-восстановительный и капитальный ремонты

Из рисунка 6 видно, что затраты распределяются пропорционально, как при капитальном, так и при аварийно-восстановительном ремонте 80% приходится на ремонт подрядным способом и 20% хозспособом. Текущий ремонт в полном объеме выполняется силами ЭСО.

При сложившейся на данный момент времени ситуации значительно повышается вероятность возникновения аварий на оборудовании и трубопроводах ТС.

Оценку возможных убытков в случае возникновения аварийной ситуации на магистралях в зимний период из-за недоремонта произвести сложно, так как они зависят от многих факторов: диаметра трубопровода, величины отключаемой тепловой нагрузки, характера повреждения и времени устранения, условий прокладки трубопровода, температуры теплоносителя и наружного воздуха, объема затопления и повреждений, а также ряда других факторов, но вероятнее всего, что ущерб может исчисляться миллионами, а возможно и десятками миллионов рублей. [1]

На основании вышесказанного, нами разработаны предложения по совершенствованию технической политики при выполнении работ по реконструкции, капитальному, аварийному и текущему ремонту элементов ТС с применением и внедрением новых технологий. Предложения

классифицированы по четырем критериям: рекомендации в части использования материалов, современного оборудования, организационные мероприятия и в части экономической эффективности и финансирования ремонтов ТС.

I. В части использования материалов при ремонте ТС:

1. Перейти на использование в качестве гидроизоляционного материала для трубопроводов в случаях мелкого ремонта (устранения повреждений) стеклоткань с обертыванием минимум в 2 слоя.

2. При мелком ремонте (устранении повреждений) использовать скорлупу с ППУ-изоляцией, а где это невозможно – использовать изоляцию из минеральных ват с повышенной плотностью волокна с оборачиванием в 2 слоя.

3. Отказаться от применения устаревших клиновых задвижек на трубопроводах с  $D_{\text{у}} \leq 150$  мм и перейти на более современные шаровые краны, специально изготовленные для двухфазных сред с твердыми включениями.

4. При новом строительстве, техническом перевооружении и реконструкции ТС перейти к практике строительства тепловых камер из монолитного железобетона с предварительным изготовлением сварного металлического каркаса из арматуры и последующей заливкой бетона марки не ниже М-200 и В-15, с применением специальной опалубки многократного использования.

5. Перейти на использование люков камер с неразборным шарнирным соединением крышек люков и с встроеными замками на крышках.

6. При проектировании крыш ЦТП и ПНС, учитывая отрицательный опыт использования конструкций из мягкой кровли, применять конструкции из жесткой кровли. [2]

7. При ремонте уже имеющихся зданий с мягкой кровлей использовать в качестве покрытия «бикрост» и его аналоги и полностью отказаться от использования рубероида.

8. Для антикоррозионной обработки (окраски) поверхности стальных труб, защиты стыков трубопроводов, мест переходов трубопровод в ППУ изоляции - трубопровод с другим типом изоляции рекомендуется применять однослойные покрытия Вектор 1025 М и Вектор 1025 толщиной 50-60 микрон или их аналоги.

9. При новом строительстве, техническом перевооружении и реконструкции ТС предусмотреть установку блочно-комплектных станций электрохимзащиты (например, по типу БКУ ЭХЗ-1...6 ПО «Стройкомплект»).

II. В части использования современного оборудования при ремонте ТС:

1. Отказаться от применения САГов и перейти на использование инверторных генераторов и инверторных сварочных аппаратов.

2. Внедрять в технологию ремонта роботизированные комплексы по поиску повреждений трубопроводов и автоматической сварке трубопроводов, в том числе с использованием плазменной резки и сварки.

3. Снабдить лабораторию металлов новым оборудованием и сертифицировать с учетом изменившихся требований.

4. Обеспечить эксплуатационный персонал приборами, использующими методы неразрушающего контроля за состоянием ТС и поиска утечек.

III. В организационной части:

1. Реорганизовать Аварийно-восстановительную службу:

- a. переименовать из Аварийно-восстановительной в Ремонтно-восстановительную;
- b. увеличить количество ремонтных бригад за счет ремонтного персонала эксплуатационных районов, для этого перевести 80% ремонтного персонала в АВС;
- c. укомплектовать каждую бригаду новым специализированным автомобилем-фургоном, оснащенным дизель-генератором, инверторным сварочным аппаратом, аппаратами газовой и плазменной резки, а также другим необходимым оборудованием и приспособлениями.

2. В связи сильно увеличившимся объемом работ по реконструкции, капитальному строительству вести в состав ЭСО должность заместителя директора (или заместителя главного инженера) по капитальному строительству.

3. Ввести в состав подразделения ЭСО группу технической экспертизы из 3х человек: эксперты по трубопроводам, зданиям и сооружениям, оборудованию с подчинением заместителю директора (или заместителя главного инженера) по капитальному строительству.

4. Разработать и создать типовую документацию по техническому заданию на проектирование.

5. Разработку проектно-сметной документации производить только при наличии и согласно техническому заданию, подписанному только главным инженером ТС.

6. Технические задания на проектирование ТС выдавать только с учетом анализа причин, повлекших преждевременный выход из строя, недавно проложенных трасс. Проекты выполнять со специальным разделом по защите от коррозии, в котором должно быть представлено обоснованием срока службы теплосети.

7. Включать в проекты раздел по производству металлического ограждения мест раскопок.

8. Как показала практика «Матрица критериев оценки воздействия отрицательных факторов, влияющих на надежность и безопасную эксплуатацию тепловых сетей» [3] не позволяет со 100% степенью достоверности определить фактический износ трубопроводов ТС по таким косвенным признакам как: удельная повреждаемость; наличие неблагоприятных факторов, приводящие к ускоренному коррозионному износу; срок межремонтного периода (период между капитальными ремонтами). Для более точной и надежной оценки физического износа трубопроводов необходимо внедрить программу по комплексной диагностике ТС с помощью методов неразрушающего контроля (МНК) в предремонтный и ремонтный период таких как:

a. метод акустической эмиссии (например, семейство цифровых акустико-эмиссионных систем A-Line 32D);

b. акустический метод разработки НПК «Вектор» (например, прибор "Вектор 2001" в комплекте со специальным программным обеспечением для компьютера, предназначенный для определения местоположения течи);

c. ультразвуковой метод диагностики (например, система Wavemaker TM G3, являющейся современной системой экспресс диагностики трубопроводов, которая используется для быстрого обнаружения коррозии и других дефектов на протяженных участках трубопроводов, расположенных в труднодоступных местах);

d. метод тепловизионной аэросъемки. [4, 5]

9. Создать службу по контролю по защите ТС от коррозии (СКЗК) и оснастить ее соответствующим оборудованием.

10. Возложить на СКЗК обязанности по контролю и координации работ по защите ТС от коррозии по направлениям:

a. по электрохимзащите;

b. по бактериальной защите;

c. по контролю состояния увлажнения изоляции;

d. по контролю загазованности тепловых камер и каналов;

e. по диагностики каждого вскрытого участка на предмет утонения стенок трубопровода с контролем восстановления на данных участках теплоизоляции, а также качественного влагозащитного и антикоррозионного покрытия.

11. Разработать программу мероприятий по уменьшению влияния коррозионных факторов, по осушению сетей, и увеличению срока службы действующих трубопроводов.

12. Разработать программу и постоянно уделять большое внимание актуализации используемых методов защиты сетей от коррозии и диагностики.

13. Организовать обязательную учебу эксплуатационного персонала и руководства ЭСО методам защиты от коррозии, требованиям нормативных документов.

14. Выносить на утверждение Совета директоров Общества проекты инвестиционных программ филиала с включением мероприятий по строительству, реконструкции тепловых магистралей и техническому перевооружению оборудования ТС в соответствии с действующим Регламентом формирования годовой и среднесрочной инвестиционных программ.

IV. В части экономической эффективности и финансирования ремонтов ТС:

1. Ввести штрафные санкции для эксплуатационного персонала за несоблюдение правил безопасности при ремонте, эксплуатации, либо строительстве трубопроводов.

2. Материально заинтересовать эксплуатационный персонал в увеличении срока службы ТС, в том числе и за счет средств, полученных от штрафных санкций.

3. Пересмотреть договорные отношения с подрядными организациями, в части выполнения гарантийных обязательств, сроком на 10 лет за выполненные работы по монтажу труб при реконструкции, капитальном ремонте ТС с применением предизолированных труб (ППУ). Данное условие необходимо включать в Техническое задание при проведении конкурсов. [6]

4. Ввести серьезные штрафные санкции (от 300 до 500 МРОТ) для подрядчиков за нарушение правил безопасности при строительстве или ремонте трубопроводов, за

необоснованное самовольное и несогласованное с проектировщиками и технадзором отклонение от проекта.

5. Нормативный период службы ТС - 25 лет. [7] Около 70% ТС всецело выработали свой нормативный ресурс, причем с каждым годом эта категория пополняется теми ТС, у которых срок эксплуатации приближается к 25 годам. Срок полной амортизации элементов ТС, также задан этим временным интервалом, но в большинстве случаев - это не соответствует фактическому эксплуатационному ресурсу сетей. На снижение нормативного срока службы оказывает влияние целый ряд факторов, приводящих к ускорению процессов коррозионного износа трубопроводов, что в конечном итоге выражается в повышенной повреждаемости ТС. Количество повреждений на ТС составило 1683 случая (1188 на квартальных сетях, включая бесхозные объекты, 495 на магистральных сетях). Ситуация с повреждениями имеет стойкую тенденцию к увеличению. Для того чтобы переломить ситуацию необходимо в год перекладывать не менее 5% сетей.

6. В настоящее время перекладывается порядка 4 - 6 км сетей в год в двухтрубном исполнении. Этого явно недостаточно. По нашим расчетам перекладку необходимо осуществлять в объемах не менее 23 км для квартальных сетей и 8 км для магистральных сетей. Для этого необходимо изыскивать средства в размере 210 млн. руб. без НДС для квартальных сетей и 400 млн. руб. без НДС для магистральных сетей ежегодно, что в 4 раза превышает текущее финансирование.

7. Необходимо организовать работу на всех уровнях с руководством ЭСО, с администрациями города, области и федерации, в рамках изыскания дополнительных средств финансирования программ по техпервооружению, реконструкции и капитальному ремонту ТС, за счёт федеральных или муниципальных средств, заёмных банковских средств и как вариант включения в тариф инвестиционной составляющей на реконструкцию ТС.

8. Обеспечить целевое использование средств, получаемых за счет технологического присоединения к ТС.

#### Список литературы

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения - Новости теплоснабжения, 2008 г., 2008. – 448 с.
2. Рожков Р.Ю., Хейфец А.И., Хотяков В.В. Планирование работ по капитальному ремонту и реконструкции на тепловых сетях// Новости теплоснабжения. – 2008. – Т. – № 10. – С. 33–36.
3. СО 34.20.610-2003 «Методические рекомендации по формированию и согласованию величины затрат на выполнение сверхтиповых работ по ремонту энергооборудования, зданий и сооружений электростанций».
4. Клименко А.В. Гашо Е.Г. Проблемы повышения эффективности коммунальной энергетики на примере объектов ЖКХ ЦАО г.Москвы. // Теплоэнергетика. 2004. № 6. - С. 35-40.
5. K. Detroja, R. Gudi and S. Patwardhan, 2005, Plantwide Detection and Diagnosis using Correspondence Analysis, Control Engineering Practice.
6. Самойленко Н.И., Сенчук Т.С. Функциональная надежность магистральных трубопроводных транспортных систем: Монография, Харьков: «НТМТ», 2009, 276 с.
7. СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети».

#### Эффективности комплексной автоматизации насосов холодного и горячего водоснабжения на центральном тепловом пункте

*Ганбаатар Ш\*, Дамбиев Ц.Ц.\*\*, Тыскинеева И.Е.\*\**

*\* Институт технологии, Государственного университета науки и технологии, г. Дархан, республика Монголия*

*\*\*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия*

Применение системы автоматического программного регулирования отопления, горячего и холодного водоснабжения позволяет осуществлять дальнейшее совершенствование режима отопления. В настоящее время актуальны исследования, внедрению современных энергосберегающих технологий теплоснабжения. Сегодня одной из важных задач является определение способа рационального управления частотно-регулируемым приводом (ЧРП) холодного (ХВС) и горячего (ГВС) водоснабжения как единым комплексом, обеспечивающим максимальную экономию электроэнергии, воды и тепла.