

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ю.С. Цыганкова, М.А. Дмитриенко  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТП, группа 5БМ43

## **Аннотация**

В статье проводится аналитическая оценка потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов с учетом реальных условий эксплуатации тепловых сетей. Расчетами подтверждено существенное влияние основных эксплуатационных факторов на увеличение тепловых потерь и показаны возможности энергосбережения в сетях теплоснабжения.

## **Введение**

В современных условиях, когда проблеме энергосбережения уделяется значительное внимание [1], необходимым условием экономически эффективной работы тепловых сетей является снижение производительных транспортных потерь теплоты через теплоизоляционные конструкции трубопроводов.

В процессе эксплуатации могут возникать ситуации, когда отдельные участки трубопроводов имеют увлажненную, деформированную или разрушенную тепловую изоляцию. Такое состояние изоляционной конструкции может быть вызвано нештатными условиями эксплуатации теплотрассы (затопление непроходных каналов дождевыми, грунтовыми или талыми водами, аварии в системе теплоснабжения и водоотведения, резкие перепады температуры окружающей среды, длительная эксплуатация). В этих условиях фактическое значение коэффициента теплопроводности теплоизоляции трубопровода отличается от справочного значения [2]. Известный аналитический способ определения тепловых потерь [2] не учитывает влияние перечисленных факторов и, соответственно, приводит к недостаточно точному расчету транспортных тепловых потерь.

В сложившихся условиях для оперативного выявления участков с высокими тепловыми потерями актуальным является разработка инструментов, позволяющих как можно более точно определять тепловые потери в сети теплоснабжения, не проводя дорогостоящие испытания [3].

Целью данной работы является создание аналитического инструмента для оценки потерь теплоты, учитывающего не только геометри-

ческие характеристики и способы прокладки трубопроводов, но и влияние нештатных условий эксплуатации и реального технического состояния изоляции на изменение тепловых потерь.

### Постановка задачи

Тестирование предлагаемой методики проводится на примере фрагмента типичной двухтрубной тепловой сети г. Мариинска (рис.1). Характеристики участков и наиболее типичные условия их эксплуатации представлены в табл.1. Тип изоляции – минеральная вата, способ прокладки – подземный в непроходном канале. Исходные климатические данные [4]: температура наружного воздуха 273 К, средняя температура грунта на глубине заложения (8 м) подземного трубопровода 278 К, температура прямой сетевой воды 363 К, температура обратной сетевой воды 323 К.

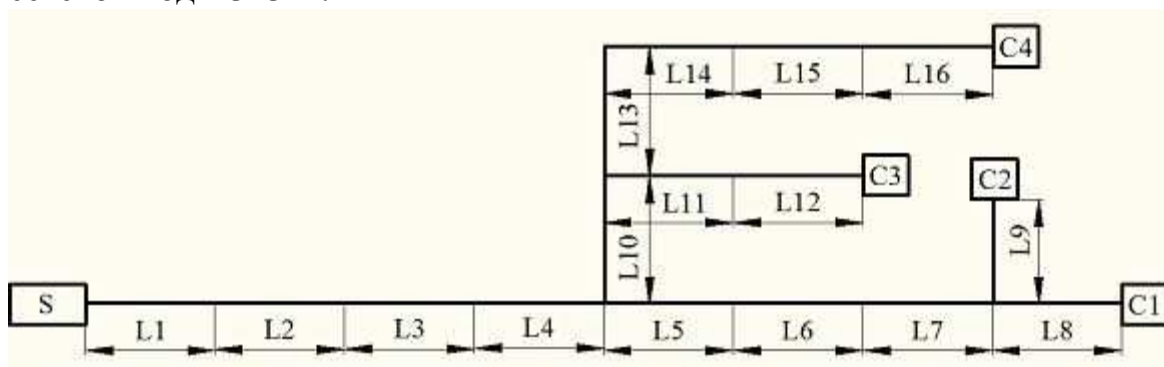


Рисунок 1 – Фрагмент тепловой сети: L1 – L16 – участки тепловой сети с различными условиями эксплуатации и состоянием изоляции, S – источник тепла, C1 – C4 – потребители тепла № 1–4

Таблица 1. Характеристики участков тепловой сети

№ участка	Длина, м	Условный диаметр, мм	Внешний диаметр изоляции, мм	Условия эксплуатации и состояния изоляции
1	1700	400	560	Проектные условия
2	300	400	560	Изоляция увлажнена на 50 %
3	150	400	560	Изоляция увлажнена на 70 %
4	200	400	560	Изоляция увлажнена на 100 %
5	230	300	450	Изоляция увлажнена на 100 %
6	1240	300	450	Проектные условия
7	440	300	450	Влажный воздух в канале
8	100	50	125	Изоляция отсутствует
9	100	150	250	Изоляция деформирована
10	510	250	400	Влажный воздух в канале
11	250	100	180	Изоляция увлажнена на 10 %

12	390	100	180	Проектные условия
13	310	100	180	Изоляция увлажнена на 40 %
14	100	100	180	Изоляция отсутствует
15	180	100	180	Изоляция деформирована
16	420	100	180	Проектные условия

Задача определения потерь теплоты для рассматриваемой тепловой сети (рис. 1) решалась при следующих допущениях:

- теплофизические характеристики веществ являются постоянными и известными величинами. В рассматриваемом диапазоне изменения основных влияющих параметров (температура, давление), теплофизические свойства веществ, используемых в данной работе при анализе тепловых потерь трубопроводов, изменяются незначительно [2, 5], и этим изменением можно обоснованно пренебречь;
- не учитывается термическое сопротивление стенок трубопроводов и канала, поскольку их термические сопротивления много меньше термического сопротивления слоя изоляции [6];
- отсутствуют утечки теплоносителя.

Основные инженерные соотношения, используемые для учета влияния негативных факторов (табл.1), представлены в [7]. В данном случае с целью оптимизации расчетов для определения тепловых потерь используется ранее разработанный и зарегистрированный программный комплекс [8], который позволяет определять потери тепловой энергии и падение температуры теплоносителя по длине теплопроводов для любой конфигурации тепловых сетей. Реализованный в программе пошаговый расчет удельных тепловых потерь позволяет на каждом единичном участке теплотрассы пересчитывать переменную по длине температуру воздуха в канале и учитывать изменение коэффициента теплоотдачи в процессе охлаждения теплоносителя. Сравнение рассчитанных в программном комплексе [8] тепловых потерь с потерями, полученными на основе натуральных испытаний на конкретных участках тепловой сети, показывают приемлемую для практики сходимость результатов [9].

Значения тепловых потерь, рассчитанных с учетом состояния изоляции и условий эксплуатации теплопроводов ( $Q_{cal.}$ ), приведены в табл.2 и на рис.2. Для сравнения и анализа полученных результатов в табл.2 и на рис.2 также представлены потери, определенные по официальной методике [2] –  $Q_d$  и нормативные потери теплоты –  $Q_{norm.}$  [10].

Таблица 2 – Результаты определения транспортных тепловых потерь

Потребитель тепла	Длина, м	Тепловые потери, кВт			$(Q_{cal.} - Q_d.) / Q_d., \%$	$(Q_{norm.} - Q_d.) / Q_d., \%$
		$Q_{cal.}$	$Q_d.$	$Q_{norm.}$		
С1	5160	847.3	331.9	472.7	155	42
С2	5160	830.7	332	475	150	43
С3	4300	701.7	276.5	378.9	154	37
С4	4670	763.3	289.7	397.5	163	37

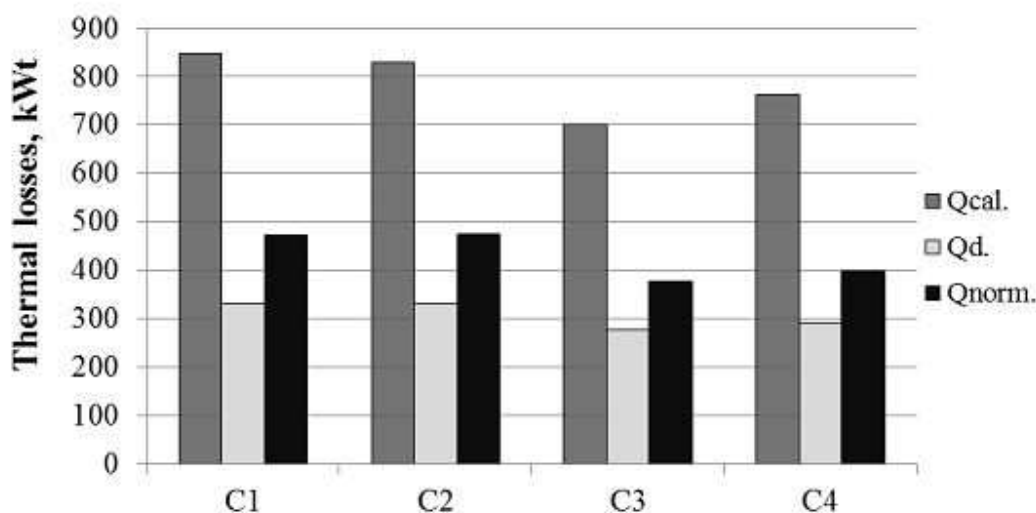


Рисунок 2 – Результаты определения тепловых потерь:  $Q_{cal}$  – рассчитанные тепловые потери,  $Q_d$  – проектные тепловые потери,  $Q_{norm}$  – нормативные тепловые потери, С1–С4 – потребители тепла № 1–4

Из анализа результатов (табл. 2, рис. 2) следует, что при учете наиболее вероятного набора эксплуатационных факторов, влияющих на термическое сопротивление изоляции из минеральной ваты, для всех потребителей наблюдается закономерное увеличение расчетных тепловых потерь, по сравнению с проектными потерями [2]. В зависимости от масштабности и значимости факторов, тепловые потери могут изменяться в широком диапазоне, в несколько раз превышая проектные потери. Для рассматриваемого случая расчетные тепловые потери на 150...163 % превысили проектные значения.

Полученные результаты служат обоснованием преимуществ предлагаемого подхода [7] к определению потерь теплоты на каждом характерном участке трубопроводов с учетом нештатных условий эксплуатации и ненормативного технического состояния изоляции по длине по сравнению с [2]. Совместно с современными способами диагностики состояния подземных теплопроводов [11] предлагаемая мето-

дика позволит выявлять участки со сверхнормативными тепловыми потерями, обосновывать необходимость проведения ремонтно-изоляционных работ, осушения каналов, дополнительной гидроизоляции. Оперативное приведение завышенных тепловых потерь к проектному уровню позволит обеспечить частичное выполнение программы энергосбережения [1].

На основании результатов табл. 2 можно рекомендовать применение методики [7] и программного комплекса [8] для более точной по сравнению с [2], а также более оперативной и менее затратной по сравнению с [3] оценки тепловых потерь в системе теплоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ФЗ № 261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. СП 41–103–2000 Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России.– 2001.–42 с.
3. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях: РД 34.09.255–97.М.: СПО ОРГРЭС, 1988.–18 с.
4. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 70 с.
5. СНиП 41.03–2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: Изд-во стандартов.– 2004.–25 с.
6. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для ВУЗов.– М.: Изд. дом МЭИ, 2006.–472 с.
7. Кузнецов Г.В., Озерова И.П., Половников В.Ю., Цыганкова Ю.С. Оценка потенциала энергосбережения в системе транспортирования тепловой энергии // Энергетик.– 2012.– № 4.– С. 38 – 40.
8. Цыганкова Ю.С. Программный комплекс по расчету фактических тепловых потерь и падения температуры теплоносителя по длине трубопровода в действующих тепловых сетях // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011618250.– Бюлл. прогр. № 4, 2011.
9. Цыганкова Ю.С., Кузнецов Г.В., Синюткин Е.Ю. Аналитическая оценка тепловых потерь как альтернатива их измерению // Промышленная энергетика.– 2012.– № 8.– С. 9–17.

10. Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю «тепловые потери», часть 3: РД 153–34.20.523–2003. М.: СПО ОРГРЭС, 2003.–28 с.
11. Тимошкин А.С. Приборы для определения состояния и мест повреждений трубопроводов тепловых сетей // Новости теплоснабжения. – 2001.– № 2.– С. 29 – 31.

Научный руководитель: Ю.С. Цыганкова, к.т.н., ст. преподаватель каф. АТП, ЭНИН, ТПУ.

### **ПРИВЛЕЧЕНИЕ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК К РЕГУЛИРОВАНИЮ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

О.Ю. Ромашова, Е.А. Скребатун, Э.Я. Соколова  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТЭС

На современном этапе развития энергетики основными направлениями являются снижение расхода топлива на турбоагрегат с одновременным увеличением его единичной мощности, а также снижение нагрузки на окружающую среду. Энергетические установки должны иметь высокие характеристики манёвренности и качества отпускаемой энергии. Кроме того, они должны работать на основных видах топлива и иметь возможность отпуска тепла тепловому потребителю. Перечисленными характеристиками обладают парогазовые установки (ПГУ) с различным составом оборудования.

Высокая значимость ПГУ в мировой и отечественной энергетике требует повышенного внимания к их роли и месту в покрытии графика электрических нагрузок. В данной работе рассмотрены факторы, определяющие регулировочный диапазон ПГУ, а также проведено сравнение маневренных характеристик и показателей экономичности ПГУ с традиционными паротурбинными блоками.

Из анализа большого количества схем парогазовых установок выявлено, что наиболее перспективной схемой является ПГУ в составе с котлом-утилизатором (КУ) (рисунок 1). При этом число контуров в КУ варьируется от одного до трёх [1]. Каждый из основных элементов схемы имеет свой диапазон надежной работы.