

**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ГРАНИЦАХ
ГОРОДА НОВОКУЗНЕЦКА НА ПЕРИОД
ДО 2044 ГОДА**

ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

ГЛАВА 1

**СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ
ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ
ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ТЕПЛОВЫМ
СЕТЯМ КУЗНЕЦКОЙ ТЭЦ**

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин
«22» декабря 2024 г.



ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Разработка энергетических характеристик систем
транспорта тепловой энергии
по тепловым сетям от Кузнецкой ТЭЦ

ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» -
«Межрегиональная теплосетевая компания»

Договор № МТСК-26/6831 от 30.10.2024 г.

Ответственный исполнитель

Л.О. Макарова

Нормоконтролер

Л.О. Макарова

Кемерово 2024

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «Межрегиональная теплосетевая компания»

Книга 1 - Энергетические характеристики системы транспорта тепловой энергии система теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ по показателям: «Потери тепла», «Потери сетевой воды»

Количество сброшюрованных листов _____ (_____)

Срок действия: с «22» декабря 2024 г. по «23» декабря 2029 г.

Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»

К.А. Дьячков

Генеральный директор
ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин

Кемерово, 2024

Аннотация

Отчет содержит 355 стр., 4 приложения, 8 таблиц.

Ключевые слова: ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ, ПОТЕРИ СЕТЕВОЙ ВОДЫ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК, ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Целью работы является разработка энергетических характеристик системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК».

В ходе работы выполнен анализ исходных материалов по системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ с использованием результатов испытаний тепловых сетей на тепловые потери.

Рассчитаны нормативные эксплуатационные потери тепла и сетевой воды с учетом полученных экспериментально поправочных коэффициентов к удельным нормам тепловых потерь.

Энергетические характеристики по показателям «тепловые потери» и «потери сетевой воды» разработаны при усредненных за последние пять лет температурах грунта, наружного воздуха, сетевой и холодной воды, представлены в графической форме и отражают реально достижимую экономичность работы системы транспорта тепловой энергии.

В отчете последовательно изложены этапы обработки исходных данных и расчета энергетических характеристик.

Энергетические характеристики рекомендуется использовать для анализа фактических тепловых потерь и при нормировании технологических потерь тепловой энергии для тарифообразования.

Содержание

Аннотация	3
Перечень сокращений	6
Введение	7
1 Исходные данные по системе теплоснабжения и транспорта тепла	8
1.1 Источник тепловой энергии	8
1.2 Расчетные температурные графики регулирования отпуска тепла	8
1.3 Присоединение потребителей	8
1.4 Тепловая сеть	9
1.5 Система теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ	10
1.6 Объемы трубопроводов и систем теплопотребления	11
1.7 Параметры окружающей среды	12
1.8 Поправочные коэффициенты к нормативным тепловым потерям	12
2 Расчет нормативных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции при среднегодовых условиях работы тепловой сети	14
2.1 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, характерных для нее по типам прокладки и видам изоляционных конструкций и подвергавшихся испытаниям на тепловые потери	14
2.2 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, аналогичных испытанным участкам	15
2.3 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, на которые не могут быть распространены результаты испытаний	15
2.4 Расчет годовых нормативных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей, находящихся на балансе и арендном пользовании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», при среднегодовых условиях эксплуатации	15
2.5 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции при среднемесячных условиях работы тепловой сети	16
3 Расчет нормируемых эксплуатационных потерь сетевой воды	17
3.1 Расчетные (нормируемые) годовые потери сетевой воды (ПСВ) в тепловой сети	17
3.2 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ с утечкой	17
3.3 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением плановых ремонтов	17
3.4 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением регламентных испытаний	18
3.5 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ со сливами из автоматических регуляторов (САРЗ)	18

3.6 Нормативные годовые потери сетевой воды (ПСВ), находящихся на обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»	19
3.7 Удельные объемы воды для определения внутреннего объема систем теплоснабжения расчетной отопительно-вентиляционной нагрузки	19
3.8. Определение фактических эксплуатационных ПСВ и сопоставление их с расчетными (нормативными) для трубопроводов сетевой воды системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ	22
4 Расчет нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды	28
4.1 Расчетные (нормируемые) потери тепловой энергии с нормируемой утечкой	28
4.2 Потери теплоты с затратами сетевой воды на пусковое заполнение тепловых сетей	29
4.3 Потери теплоты с затратами сетевой воды на заполнение тепловых сетей, связанное с проведением регламентных испытаний	29
4.4 Расчет потерь сетевой воды и тепла с потерями сетевой воды в водяных тепловых сетях, находящихся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»	30
4.5 Расчет потерь тепла со сливами из автоматических регуляторов в водяных тепловых сетях, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»	30
5 Выводы	31
5.1 Нормативные среднегодовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей	31
5.2 Нормативные годовые тепловые потери тепла с ПСВ тепловых сетей	31
5.3 Нормативные годовые потери сетевой воды в тепловых сетях	31
Список использованных источников	32
Приложение 1 – Нормируемые потери теплоносителя	33
Приложение 2 – Диаграммы потерь теплоносителя	59
Приложение 3 – Реестр тепловых сетей, находящихся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»	62
Приложение 4 – Среднемесячные среднесезонные и среднегодовые температуры наружного воздуха, грунта, сетевой и холодной воды при различных температурных графиках на 2024 г. для норматива	355

Перечень сокращений

ГВС – горячее водоснабжение

ИТП – индивидуальный тепловой пункт

ООО – общество с ограниченной ответственностью

ПНС – повысительно-подмешивающая насосная станция

ПТЭ – правила технической эксплуатации

ПСВ – потери сетевой воды

СНиП – строительные нормы и правила

САРЗ – средства автоматического регулирования и защиты

ТК – тепловая камера

ТП – тепловой пункт

ТСН – Тепловые сети Новокузнецка

ЦТП – центральный тепловой пункт

Введение

Энергетические характеристики тепловых сетей, находящихся на балансе и в арендном пользовании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», разрабатывались и выполнялись в соответствии с требованиями ПТЭ и порядком, установленным Приказом Минэнерго РФ от 30 декабря 2008 года № 325 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии».

Цель выполнения работы:

- составление энергетических характеристик тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ в эксплуатации ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» в соответствии с требованиями СО 153-34.20.523-2003.

По окончании работы Заказчику выдается следующая документация:

- энергетические характеристики тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецк от Кузнецкой ТЭЦ в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» по показателю **«потери сетевой воды»**;

- энергетические характеристики тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» по показателю **«тепловые потери»**.

В качестве исходных данных использовались результаты испытаний тепловых сетей ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» на тепловые потери, проведенные в июне 2024 года, исполнительная документация, статистические данные по режимам работы тепловых сетей и метеорологическим условиям, сведения о техническом состоянии тепловых сетей.

Энергетические характеристики тепловых сетей являются базой для нормирования эксплуатационных технологических потерь в тепловых сетях предприятия и проведения анализа фактических потерь тепла и сетевой воды при транспортировке тепла.

1 Исходные данные по системе теплоснабжения и транспорта тепла

1.1 Источник тепловой энергии

Кузнецкая ТЭЦ – один из главных теплоисточников крупнейшего города Кемеровской области – Новокузнецка с установленной электрической мощностью 108 МВт и установленной теплофикационной мощностью 890 Гкал/час. Она обеспечивает потребности в теплоснабжении жителей Кузнецкого, юго-восточную часть Центрального, Орджоникидзевского районов города, а также часть Куйбышевского районов и в паре - предприятия Кузнецкого района. Оборудование ТЭЦ рассчитано на выработку тепловой и электрической энергии.

На источнике теплоты для потребителей регулирование отпуска тепла – центральное качественное по нагрузке отопления (за счет изменения температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха).

Расчетным температурным графиком является отопительно-бытовой (регулирование по совмещенной нагрузке).

1.2 Расчетные температурные графики регулирования отпуска тепла

Таблица 1 – Расчетные температурные графики регулирования отпуска тепла

Наименование параметра	Значение	Примечание
Проектный график работы системы теплоснабжения	150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С	летний период ТЭЦ работает по графику 70/60 °С
Расчетная температура наружного воздуха	-39 °С	СП131.13330.2020
Расчетная температура воздуха внутри жилых помещений	20 °С	СП131.13330.2020
Продолжительность отопительного периода –	5856 ч	Эксплуатационные данные
Продолжительность летнего периода	2664 ч	Эксплуатационные данные

1.3 Присоединение потребителей

Присоединение потребителей к тепловым сетям Кузнецкой ТЭЦ выполнено как по зависимой схеме (в основном через элеваторные узлы), так и по независимой схеме (через ЦТП и ИТП).

Горячее водоснабжение потребителей осуществляется по открыто-закрытой схеме.

1.4 Тепловая сеть

Транспорт тепловой энергии от Кузнецкой ТЭЦ осуществляется в горячей воде по четырем тепловыводам:

- от бойлерной установки № 1 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 700 мм до коллекторной № 1, расположенной за пределами ТЭЦ и далее в Кузнецкий и Центральный районы;
- от бойлерной установки № 2 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 600 мм до коллекторной № 1, расположенной за пределами ТЭЦ, и далее в Кузнецкий и Центральный районы;
- от бойлерной установки № 3 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 600 мм в Орджоникидзевский район;
- от водогрейной котельной по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 1000 мм на коллекторную № 1 и далее по тепломагистрали 1Ду 1000 мм (под.) и 2Ду 700 мм в Центральный район.

Перераспределение потоков теплоносителя на коллекторной № 1 происходит произвольно.

Пар промышленным потребителям отпускается следующих параметров: от 2,5 до 7 кгс/см² (линия НКАЗ-П) и свыше 13 кгс/см² по двум паропроводам.

Прокладка тепловых сетей от КТЭЦ в Центральный и Кузнецкий районы по незастроенной территории - надземная, на низких отдельно стоящих опорах, в городской застройке - в основном подземная в непроходных железобетонных каналах.

Переход теплопроводами ТМ № 1 на левый берег р. Томи выполнен по существующему мосту трубопроводами 2Ду 1000 мм, протяженностью 1174 м.

В правобережной части города на тепловых сетях от КТЭЦ построены две тепловые камеры с секционирующими задвижками - одна в Кузнецкий и

Центральный районы (КСЗ-1) и вторая в Центральный район (КСЗ-2), обеспечивающие циркуляцию сетевой воды в аварийных ситуациях.

Тепловые сети Центрального района за счет строительства распределительных тепловых сетей по улицам Циолковского, Сеченова и Кузнецова - кольцевые, позволяющие обеспечить подачу теплоносителя при аварийных ситуациях.

На существующих тепловых сетях для обеспечения нормальных гидравлических параметров теплоносителя для присоединения потребителей по наиболее простым зависимым схемам установлены две подкачивающие насосные станции - ПНС-11 (на Центральный район) и ПНС-15 (на Кузнецкий район) и насосная станция зарядки и разрядки баков-аккумуляторов (ПНС-12).

Суммарная протяженность в однотрубном исполнении составляет **401784,8 м**. Основная доля трубопроводов тепловых сетей проложена подземным способом (62,2 %):

- | | |
|---|---------------|
| - надземная прокладка | – 57 203,8 м; |
| - подземная прокладка (непроходной канал) | – 249 955 м; |
| - внутри помещений | – 94 626 м. |

По температурному графику:

- | | |
|-------------|---------------|
| - 150/70 °С | – 377616,8 м; |
| - 70/60 °С | – 24168 м. |

Компенсация тепловых удлинений магистральных трубопроводов от КТЭЦ при подземной прокладке выполнена сальниковыми компенсаторами и поворотами трубопроводов, при надземной прокладке П- образными компенсаторами и поворотами трубопроводов. Изоляция трубопроводов выполнена, в основном, минераловатными матами и плитами.

На тепловых сетях установлена следующая арматура: задвижки, регуляторы давления, дроссельные клапаны, обратные клапаны, вентили.

1.5 Система теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

В системе транспортировки тепла ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» г. Новокузнецка находятся магистральные и квартальные тепловые сети.

Магистральные тепловые сети находятся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК». Квартальные сети эксплуатируются ФИЛИАЛОМ АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» в соответствии с концессионным соглашением.

Материальная характеристика тепловых сетей ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» на момент разработки энергетических характеристик составила 97 437,9 м², данные по участкам приведены в приложении 3. В том числе:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| - Надземная прокладка | 32 104,4 м ² (33,0 %); |
| - Непроходной канал | 53 225 м ² (54,6 %); |
| - Внутри помещений | 32104,4 м ² (12,4 %). |

По температурному графику:

- | | |
|-------------|--------------------------|
| - 150/70 °С | 94274,9 м ² ; |
| - 70/60 °С | 3163 м ² . |

1.6 Объемы трубопроводов и систем теплоснабжения

Объем трубопроводов тепловых сетей, находящихся в эксплуатации ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», составляет 34191,2 м³, данные по участкам приведены в приложении 3. В том числе:

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| - Надземная прокладка | 18041,8 м ³ ; |
| - Непроходной канал | 14396,7 м ³ ; |
| - Внутри помещений | 1752,71 м ³ . |

По температурному графику:

- | | |
|-------------|--------------------------|
| - 150/70 °С | 33841,9 м ³ ; |
| - 70/60 °С | 349,3 м ³ . |

В эксплуатации у ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» нет систем теплоснабжения.

1.7 Параметры окружающей среды

Среднемесячные температуры наружного воздуха приняты по СНиП «Строительная климатология» (актуализация 25 июня 2021 г. СП131.13330.2020).

Среднемесячные температуры холодной воды и грунта приняты как усредненные показатели фактических данных за пять предыдущих лет.

Среднемесячные и среднегодовые температуры грунта, наружного воздуха, холодной воды и сетевой воды в тепловых сетях Кузнецкой ТЭЦ представлены в приложении 4 к энергетическим характеристикам.

1.8 Поправочные коэффициенты к нормативным тепловым потерям

Испытания тепловых сетей ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» на тепловые потери проведены в июне 2024 года.

Испытания проводились с целью определения фактических эксплуатационных тепловых потерь через тепловую изоляцию в водяных тепловых сетях, а также разработки на их основе нормативных эксплуатационных тепловых потерь.

1.8.1 Поправочные коэффициенты к нормативным тепловым потерям, рассчитанные по результатам испытаний [5], с учетом предельных максимальных значений [6] составили:

Для подающего и обратного трубопроводов первого участка от Кузнецкой ТЭЦ до ТК-20 надземной прокладки, введенного в эксплуатацию в период с 1959 по 1989 гг., с тепловой изоляцией, выполненной из матов минераловатных:

- для надземной прокладки, спроектированные до 1989 г., для подающего трубопровода – $K = 1,5$.
- для надземной прокладки, спроектированные до 1989 г., для обратного трубопровода – $K = 1,43$.

1.8.2 Для подающего и обратного трубопроводов подземной прокладки в непроходных каналах, введенного в эксплуатацию в период с 1959 г. по 1989 г., с тепловой изоляцией, выполненной из матов минераловатных [5]: K непроходной канал до 1989 г. = 1,34.

Полученные поправочные коэффициенты не превышают значения предельных коэффициентов, определяемых согласно [6].

Результаты испытаний соответствуют требованиям [6] и могут быть распространены на неиспытанные участки тепловых сетей, аналогичные по типу прокладки, виду теплоизоляционных конструкций, году проектирования, температурному графику, и использованы для разработки энергетической характеристики тепловых сетей по показателю «тепловые потери».

2 Расчет нормативных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции при среднегодовых условиях работы тепловой сети

2.1 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, характерных для нее по типам прокладки и видам изоляционных конструкций и подвергавшихся испытаниям на тепловые потери

Определение часовых тепловых потерь для участков тепловой сети, подвергавшихся тепловым испытаниям при среднегодовых условиях работы тепловой сети $Q_{\text{ср.гн.и.}}$, $Q_{\text{ср.гн.п.и.}}$, $Q_{\text{ср.гн.о.и.}}$, ккал/ч, осуществляется отдельно для подземной и надземной прокладок по формулам:

– для участков подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q_{\text{ср.гн.и.}} = \sum K_{\text{и.подз}} \beta q_{\text{н}} L \quad (1)$$

– для участков надземной прокладки отдельно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q_{\text{ср.гн.п.и.}} = \sum K_{\text{и.надз}}^{\text{под.}} \beta q_{\text{н.п}} L \quad (2)$$

$$Q_{\text{ср.гн.о.и.}} = \sum K_{\text{и.надз}}^{\text{обр.}} \beta q_{\text{н.о}} L \quad (3)$$

где: β – коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери арматурой, опорами и компенсаторами, принимается согласно [6];

$q_{\text{н}}$, $q_{\text{н.п}}$ и $q_{\text{н.о}}$ – удельные (на 1 м длины трубопровода) часовые тепловые потери для каждого диаметра трубопровода при среднегодовых условиях работы тепловой сети (для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам, для надземной прокладки – отдельно), ккал/(м*ч), принимается согласно [6];

$K_{\text{и.подз}}$, $K_{\text{и.надзпод}}$, $K_{\text{и.надзобр}}$ – поправочные коэффициенты к нормативным тепловым потерям, рассчитанные по результатам испытаний (раздел 1);

L – протяженность участка трубопровода, м.

2.2 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, аналогичных испытанным участкам

Часовые тепловые потери для участков тепловой сети, аналогичных испытанным участкам при среднегодовых условиях работы тепловой сети $Q_{н.а.}^{ср.г.}$, $Q_{н.о.а.}^{ср.г.}$, ккал/ч, определяются по формулам (1) – (3) с теми же значениями поправочных коэффициентов $K_{и.подз.}$, $K_{и.надз.}^{под.}$, $K_{и.надз.}^{обр.}$, что и для испытанных участков.

2.3 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери участков тепловой сети, на которые не могут быть распространены результаты испытаний

Значения нормативных тепловых потерь участков подземной и надземной прокладки, на которые не могут быть распространены результаты испытаний, приняты по нормативным значениям, предусмотренным нормами проектирования для теплопроводов, спроектированных в соответствующие периоды [6].

2.4 Расчет годовых нормативных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей, находящихся на балансе и арендном пользовании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», при среднегодовых условиях эксплуатации

Согласно расчету $Q_{ср.г.}$ составили **288,913 тыс. Гкал/год**, в том числе по температурному графику:

- 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С
– 198,562 тыс. Гкал/год;
- 70/60 °С
– 90,252 тыс. Гкал/год;
- САРЗ
– 0,099 тыс. Гкал/год.

Расчет часовых среднегодовых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции при среднегодовых условиях эксплуатации водяных тепловых сетей, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведен в приложении 1.

2.5 Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции при среднемесячных условиях работы тепловой сети

Определение часовых тепловых потерь при среднемесячных условиях работы тепловой сети $Q^{ср.м}_{н.}, Q^{ср.м}_{н.п.}, Q^{ср.м}_{н.о.}, \Gamma_{кал/ч}$, осуществляется отдельно для подземной и надземной прокладок по формулам:

– для участков подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q^{ср.м}_{н} = Q^{ср.г}_{н} * \frac{t^{ср.м}_{п.} + t^{ср.м}_{о.} - 2 t^{ср.м}_{гр.}}{t^{ср.г}_{п.} + t^{ср.г}_{о.} - 2 t^{ср.г}_{гр.}} \quad (4)$$

– для участков надземной прокладки отдельно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q^{ср.м}_{н.п.} = Q^{ср.г}_{н.п.} * \frac{t^{ср.м}_{п.} - t^{ср.м}_{в.}}{t^{ср.г}_{п.} - t^{ср.г}_{в.}} \quad (5)$$

$$Q^{ср.м}_{н.о.} = Q^{ср.г}_{н.о.} * \frac{t^{ср.м}_{о.} - t^{ср.м}_{в.}}{t^{ср.г}_{о.} - t^{ср.г}_{в.}} \quad (6)$$

где: $t^{ср.м}_{п.}, t^{ср.м}_{о.}, t^{ср.г}_{п.}, t^{ср.г}_{о.}$ – среднемесячные и среднегодовые значения температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах по соответствующему температурному графику, °С;

$t^{ср.м}_{гр}, t^{ср.г}_{гр}, t^{ср.м}_{в}, t^{ср.г}_{в}$ – среднемесячные и среднегодовые значения температур грунта на глубине заложения трубопроводов и наружного воздуха соответственно, °С.

Расчет нормируемых месячных и годовых тепловых потерь через тепловую изоляцию водяных тепловых сетей, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведен в приложении 1.

3 Расчет нормируемых эксплуатационных потерь сетевой воды

3.1 Расчетные (нормируемые) годовые потери сетевой воды (ПСВ) в тепловой сети

$G_{\text{псв}}$, м³/год, определяются по формуле [6]:

$$G_{\text{псв}}^{\text{P}} = G_{\text{ут}}^{\text{H}} + G_{\text{зап}}^{\text{P}} + G_{\text{п.а}}^{\text{P}} + G_{\text{п.и}}^{\text{P}} \quad (7)$$

где: $G_{\text{ут}}^{\text{H}} = 717284$ м³/год – расчетные (нормируемые) годовые ПСВ с утечкой;

$G_{\text{зап}}^{\text{P}} = 101\,422$ м³/год – расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением плановых ремонтов, м³/год;

$G_{\text{п.и}}^{\text{P}} = 33\,807$ м³/год – расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением регламентных испытаний, м³/год;

$G_{\text{п.а}}^{\text{P}} = 1\,691$ м³/год – расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные со сливами из САРЗ, м³/год.

$$G_{\text{псв}}^{\text{P}} = 717\,284 + 101\,422 + 1\,691 + 33\,807 = 854\,204 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3.2 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ с утечкой

$G_{\text{ут}}^{\text{H}}$, м³/год, определяются по формуле [6]:

$$G_{\text{ут}}^{\text{H}} = \frac{\alpha V^{\text{ср.г.}} n_{\text{год}}}{100} = g_{\text{ут}}^{\text{H.г.}} n_{\text{год}} \quad (8)$$

где: α – расчетное (нормативное) удельное значение ПСВ с утечкой из тепловой сети, м³/ч;

$V^{\text{ср.г.}}$ – среднегодовой объем сетевой воды в тепловой сети, м³/год;

$n_{\text{год}}$ – продолжительность работы системы теплоснабжения в течение года, ч;

$g_{\text{ут}}^{\text{H.г.}}$ – среднегодовая норма ПСВ с утечкой, м³/ч.

Расчет нормируемых месячных и годовых ПСВ с утечкой водяных тепловых сетей, находящихся обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведен приложении 1.

3.3 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением плановых ремонтов

$G_{\text{зап}}^{\text{P}}$, м³/год, определяются по формуле [6]:

$$G_{\text{п.п}}^{\text{P}} = 1,5 \cdot (V_{\text{т.с}}^{\text{от}}) \quad (9)$$

Расчет нормируемых месячных и годовых ПСВ на заполнение тепловых сетей, связанных с проведением плановых ремонтов водяных тепловых сетей, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведен в приложении 1.

3.4 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ, связанные с проведением регламентных испытаний

$G_{п.и.}^2$, м³/год, определяются по формуле [6]:

$$G_{п.и.}^2 = 0,5 \cdot V^{OT}, \quad (10)$$

Расчет нормируемых месячных и годовых ПСВ с проведением регламентных испытаний тепловых сетей, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведен в приложении 1.

3.5 Расчетные (нормируемые) годовые ПСВ со сливами из автоматических регуляторов (САРЗ)

$G_{п.а.}^r$, м³/год, определяются по формуле [6]:

$$G_{п.а.}^r = q \cdot N \cdot n, \quad (11)$$

где: q – часовой расход сетевой воды при работе одного регулятора, м³/ч;

N – количество САРЗ, находящихся в работе, ед.;

n_r – продолжительность работы системы теплоснабжения в течение года, ч.

Тип САРЗ	Количество, N, шт.	Расход теплоносителя, Q, м ³ /ч (т/ч)	Место установки (под./обр. тр-д)	Продолжительность работы в течение года, ч	Нормативные годовые потери и затраты теплоносителя, м ³ (т)
САРЗ-РК	2,00	0,035	ПНС-11 - ТК-15 (Др)	5760	403
САРЗ-РК	2,00	0,035	ПНС-11 - ТК-15 (Др)	5760	403
САРЗ-РК	2,00	0,035	ПНС-11 - ТК-15 (Др)	2664	186
САРЗ-РК	1,00	0,035	НО-1 - НО-2 (2D _y 600)	5760	202
САРЗ-РК	2,00	0,035	НО-1 - НО-2 (2D _y 600)	5760	403
САРЗ-РК	1,00	0,035	НО-1 - НО-2 (2D _y 600)	2664	93
Итого по горячей воде					1691

Автоматические регуляторы в тепловых сетях рассчитаны по [6] и составляют для температурного графика:

- 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С:
 - подающий трубопровод САРЗ – 592 м³;
 - обратный трубопровод САРЗ – 820 м³.
- 70/60 °С в летний период САРЗ составляют:
 - Подающий трубопровод – 279 м³.

3.6 Нормативные годовые потери сетевой воды (ПСВ), находящихся на обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»

Нормативные годовые потери сетевой воды, находящихся на обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», согласно расчету, составили **854,204 тыс. м³/год** (в том числе САРЗ – 1,691 тыс. м³/год), из них:

- 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С – 556,422 тыс. м³/год;
- 70/60 °С в летний период – 297,782 тыс. м³/год.

Расчеты потерь сетевой воды и тепла с потерями сетевой воды в водяных тепловых сетях, находящихся на обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведены в приложении 1.

3.7 Удельные объемы воды для определения внутреннего объема систем теплоснабжения расчетной отопительно-вентиляционной нагрузки

Внутренний объем систем теплоснабжения $V_{\text{ст}}^{\text{от}}$ определяется согласно [3] по температурному перепаду в системе теплоснабжения, типу установленного оборудования и присоединенной нагрузке потребителей на отопление (вентиляцию).

Наиболее распространенный тип установленного оборудования для систем отопления в производственных помещениях: регистры из стальных труб; в остальных помещениях: радиаторы чугунные высотой 500 мм.

При таких отопительных приборах удельный объем воды (температурный перепад в системе теплоснабжения 95-70 °С) составляет $V_{\text{уд.от}} = 37 \text{ м}^3 \cdot \text{ч/Гкал}$ и $V_{\text{уд.от}} = 19,5 \text{ м}^3 \cdot \text{ч/Гкал}$ соответственно.

Удельный объем воды на заполнение местных систем горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения $V_{ГВС} = 6 \text{ м}^3 \cdot \text{ч/Гкал}$ средней часовой тепловой.

Наиболее распространенный тип установленного оборудования для систем вентиляции: калориферные вентиляционные агрегаты.

Удельный объем воды для внутренних вентиляционных систем (температурный перепад 130-70 °С) составляет: $V_{уд.в} = 6,5 \text{ м}^3 \cdot \text{ч/Гкал}$.

Присоединенная максимальная тепловая нагрузка потребителей от Кузнецкой ТЭЦ составляет 899,439 Гкал/ч, в том числе:

- на отопление $Q_{от}^P = 676,094 \text{ Гкал/ч}$,
- на вентиляцию $Q_{в}^P = 97,284 \text{ Гкал/ч}$,
- на ГВС $Q_{ГВС}^P = 126,061 \text{ Гкал/ч}$.

Таким образом, объем систем теплоснабжения от Кузнецкой ТЭЦ составляет:

$$V_{ст.ст.ТЭЦ}^{от} = V_{уд.} \cdot Q_{от} + V_{уд.} \cdot Q_{вент} + V_{уд.} \cdot Q_{ГВС} = 39334 + 762 + 616 = 41\,474 \text{ м}^3.$$

Порядок расчета потерь в системе теплоснабжения потребителей аналогичен порядку расчета потерь в тепловых сетях (см. пункт 2, 3, 4).

В таблице 2 приведен расчет внутреннего объема систем теплоснабжения потребителей тепловой энергии, подключенных к тепловым сетям КТЭЦ.

Таблица 2 – Расчет внутреннего объема систем теплоснабжения потребителей тепловой энергии, подключенных к тепловым сетям Кузнецкой ТЭЦ

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Способ определения	Значение
Нагрузка:	Q	Гкал/ч	Эксплуатационные данные	899,439
- отопление	$Q_{отоп.}$	Гкал/ч	Эксплуатационные данные	676,094
- ГВС	$Q_{ГВС}$	Гкал/ч	Эксплуатационные данные	126,061

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Способ определения	Значение
- вентиляция	$Q_{\text{вент.}}$	Гкал/ч	Эксплуатационные данные	97,284
- отопление	$V_{\text{отоп. уд.}}$	м ³ ч /Гкал	МДК 4-05.2004	19,5+37= 56,5
- ГВС	$V_{\text{ГВС уд.}}$	м ³ ч /Гкал	МДК 4-05.2004	6,00
- вентиляция	$V_{\text{вент. уд.}}$	м ³ ч /Гкал	МДК 4-05.2004	8,50
Емкость систем теплопотребления	$V^{\text{т.п}}$	м ³	$V^{\text{т.п}} = V^{\text{уд.}} * Q$	41 474
- отопление	$V_{\text{отоп. т.п}}$	м ³	$V^{\text{т.п}} = V^{\text{уд.}} * Q$	39 334
- ГВС	$V_{\text{ГВС т.п}}$	м ³	$V^{\text{т.п}} = V^{\text{уд.}} * Q$	762
- вентиляция	$V_{\text{вент. т.п}}$	м ³	$V^{\text{т.п}} = V^{\text{уд.}} * Q$	616

Объем (емкости) систем теплопотребления потребителей тепловой энергии в сетевой воде от рассматриваемого источника теплоты ежемесячно представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Потери сетевой воды всего по системе теплопотребления, м³

Период	Потери сетевой воды всего по системе теплопотребления, м ³			
	с нормативной уткой	пусковое заполнение	регламентные испытания	Всего
Январь	75 724,9	0	0	75 724,9
Февраль	68 396,6	0	0	68 396,6
Март	75 724,9	0	0	75 724,9
Апрель	73 282,1	0	0	73 282,1
Май	27 144,3	61 068	20 356	108 568,3
Июнь	1 370,7			1 370,7
Июль	1 416,4	0	0	1 416,4

Период	Потери сетевой воды всего по системе теплоснабжения, м ³			
	с нормативной утечкой	пусковое заполнение	регламентные испытания	Всего
Август	1 416,4	0	0	1 416,4
Сентябрь	42 120,5	0	0	42 120,5
Октябрь	75 724,9	0	0	75 724,9
Ноябрь	73 282,1	0	0	73 282,1
Декабрь	75 724,9	0	0	75 724,9
Год	591 328,7	61 068	20 356	672 752,7

3.8. Определение фактических эксплуатационных ПСВ и сопоставление их с расчетными (нормативными) для трубопроводов сетевой воды системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Фактические эксплуатационные ПСВ и сопоставление их с расчетными (нормативными) принимались по данным учета от рассматриваемого источника за весь период 2023 г.

Фактические технологические ПСВ на заполнение сетей и систем, подготовку к испытаниям и т.п., технологических ПСВ на проведение технологических операций, а также потери сетевой воды с утечкой, не относящиеся к технологическим при несанкционированных разборах сетевой воды, повреждениях ТС и систем и т.п. принимаются по приборам учета, установленным на рассматриваемом источнике.

Сопоставление фактических эксплуатационных ПСВ с расчетными (нормативными) значениями по рассматриваемой системе теплоснабжения представлено в Таблице 5.

Таблица 4 – Результаты расчета нормативных месячных ПСВ для систем теплоснабжения и теплопотребления г. Новокузнецк от Кузнецкой ТЭЦ

Месяц	Тепловые сети Кузнецкой ТЭЦ, м³					Системы теплопотребления, м³				Всего по системе теплоснабжения, м³
	С нормативной утечкой	Пусковой заполнение	Регламентные испытания	Сливы из САРЗ	Итого	С нормативной утечкой	Пусковой заполнение	Регламентные испытания	Итого	
Январь	63596			147	63743	75 725	0	0	75 725	139 468,00
Февраль	57442			132	57574	68 397	0	0	68 397	125 971,00
Март	63596			147	63743	75 725	0	0	75 725	139 468,00
Апрель	61544			142	61686	73 282	0	0	73 282	134 968,00
Май	34725	101422	33807	82	170036	27 144	61 068	20 356	108 568	278 604,00
Июнь	60791			150	60941	1 371			1 371	62 312,00
Июль	62818			155	62973	1 416	0	0	1 416	64 389,00
Август	62818			155	62973	1 416	0	0	1 416	64 389,00
Сентябрь	61218			145	61363	42 121	0	0	42 121	103 484,00
Октябрь	63596			147	63743	75 725	0	0	75 725	139 468,00
Ноябрь	61544			142	61686	73 282	0	0	73 282	134 968,00
Декабрь	63596			147	63743	75 725	0	0	75 725	139 468,00
Итого	717 284	101 422	33 807	1 691	854 204	591 329	61 068	20 356	672 753	1 526 957

Таблица 5 – Сравнение фактических потерь теплоносителя с нормативными потерями теплоносителя

Месяц	Всего ПСВ по системе теплоснабжения норматив, м ³	Фактические потери в системе теплоснабжения, м ³	Превышение фактических потерь над нормативными ПСВ, м ³	Превышение фактических потерь над нормативными ПСВ, %
Январь	139 468,00	349 135,94	213 265,96	156,96
Февраль	125 971,00	220 021,62	97 300,35	79,29
Март	139 468,00	287 354,21	151 484,24	111,49
Апрель	134 968,00	218 407,50	86 920,43	66,11
Май	278 604,00	162 406,66	65 488,64	67,57
Июнь	62 312,00	173 278,82	-5 190,34	-2,91
Июль	64 389,00	272 724,84	212 324,28	351,53
Август	64 389,00	175 433,80	115 033,24	190,45
Сентябрь	103 484,00	326 810,25	226 971,64	227,34
Октябрь	139 468,00	315 537,23	179 667,25	132,23
Ноябрь	134 968,00	231 223,47	99 736,40	75,85
Декабрь	139 468,00	194 087,47	58 217,49	42,85
Итого	1 526 957	2 926 421,81	1 501 219,56	105,33

Среднемесячные значения температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах по температурному графику и их фактические значения с указанием среднемесячных значений температуры наружному воздуху за период 2023 г. по данным учета представлены в таблице 6.

По температурам сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах проведено сравнение тепловых потерь через изоляцию, представленных в таблице 7.

Сравнение фактических потерь тепла с ПСВ с нормативами представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнение фактических потерь тепла ПСВ с нормативными

Потери	Всего потери тепла по системе теплоснабжения, Гкал	Фактические потери тепла по системе теплоснабжения, Гкал	Превышение фактических потерь над нормативными, Гкал	Превышение фактических потерь над нормативными, %
С нормативной утечкой, Гкал	233628	190 307,86	118 936,75	166,65
При регламентных испытаниях, Гкал	6143	3 314,12	-3 414,25	-50,74
На пусковое заполнение, Гкал	41974	8 361,76	7 190,49	-613,90
САРЗ	99	107,60	8,78	8,88
Итого	288 913	202 091,34	88 962,89	154,62

Таблица 6 – Сравнение фактических температур с нормативными

Месяц	Среднемесячная нормативная температура наружного воздуха, °С	Среднемесячная фактическая температура наружного воздуха, °С	Среднемесячная температура сетевой воды в подающем трубопроводе по температурному графику, °С	Среднемесячная температура сетевой воды в обратном трубопроводе по температурному графику, °С	Фактическая среднемесячная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С	Фактическая среднемесячная температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С
Январь	-15,70	-9,8	91	54,1	95,4	57,4
Февраль	-13,60	-8,4	87,9	53	90,7	55,5
Март	-5,80	3,1	70	46,9	76,1	49,3
Апрель	-3,40	2,7	70	46,4	72,9	48,2
Май	11,10	11,5	70	49,2	70,0	50,5
Сентябрь	10,10	11,7	70	49,2	68,5	52,1
Октябрь	2,90	4,6	70	47,4	69,6	48,7
Ноябрь	-6,50	-4,6	79,3	49,9	76,6	49,8
Декабрь	-13,30	-13,9	98,4	57,6	96,0	57,8
Среднегодовые показатели	1,36	3	78,5	50,4	77,8	54,2

Таблица 7 – Сравнение фактических потерь тепла через изоляцию с нормативными

Месяцы	Нормативные месячные и годовые ТП через изоляцию, Гкал				Фактические месячные и годовые ТП через изоляцию, Гкал			Превышение факта над нормативом, Гкал	Превышение факта над нормативом, %
	подземная прокладка	надземная прокладка	суммарные		надземная прокладка	подземная прокладка	суммарные		
Январь	14486	10969	25455		16 724,80	12 964,18	29 688,98	1 320,67	4,66
Февраль	12859	9550	22409		13 966,10	10 217,62	24 183,72	-469,33	-1,90
Март	12896	9096	21992		14 123,06	9 311,98	23 435,04	832,99	3,69
Апрель	11436	7591	19027		12 307,63	6 902,95	19 210,58	-1 209,58	-5,92
Май	6526	4249	10775		12 496,91	7 133,90	19 630,80	-125,54	-0,64
Июнь	11483	7527	19010		7 515,24	3 853,01	11 368,25	1 031,75	9,98
Июль	11520	7621	19141		14 283,97	7 943,85	22 227,81	3 113,35	16,29
Август	11254	7817	19071		13 915,02	8 140,00	22 055,02	2 947,06	15,42
Сентябрь	10748	7597	18345		10 869,48	6 435,10	17 304,58	-482,89	-2,71
Октябрь	10977	7861	18838		11 168,37	6 799,06	17 967,43	200,46	1,13
Ноябрь	12141	8930	21071		12 926,98	9 164,04	22 091,02	536,19	2,49
Декабрь	13978	10516	24494		16 573,82	12 769,83	29 343,65	2 577,83	9,63
Год	140304	99324	239628		156 871,38	101 635,51	258 506,89	10 272,94	4,14

4 Расчет нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды

Нормируемые эксплуатационные тепловые потери с потерями сетевой воды $Q_{\text{псв}}$, Гкал, складываются из тепловых потерь с нормируемой утечкой сетевой воды из тепловых сетей $Q_{\text{ут}}$, Гкал, тепловых потерь с регламентируемыми затратами на пусковое заполнение тепловых сетей, связанное с проведением плановых ремонтов, $Q_{\text{зап}}$, Гкал, регламентными испытаниями $Q_{\text{п.и}}$, Гкал, и сливами из САРЗ $G_{\text{п.а}}$, Гкал.

Температура сетевой воды, используемой на заполнение, принята равной 70 °С в соответствии с [1].

Температура сетевой воды при проведении испытаний на прочность и плотность принимается равной 40 °С в соответствии с [1].

4.1 Расчетные (нормируемые) потери тепловой энергии с нормируемой утечкой

Расчетные (нормируемые) потери тепловой энергии с нормируемой утечкой определяются по месяцам работы системы теплоснабжения согласно месячным значениям ПСВ с утечкой и соответствующим температурам сетевой и холодной воды.

Потери теплоты в целом за год определяются путем суммирования месячных потерь тепловой энергии.

Потери теплоты с утечкой за месяц работы $Q_{\text{му}}$, Гкал/мес., определяются по формуле [6]:

$$Q_{\text{му}} = c \cdot \rho_{\text{ср.год}} \cdot G_{\text{ТП.ПВС}} \cdot (b \cdot t_{\text{п.ср.г.}} + (1 - b) \cdot t_{\text{о.ср.г.}} - t_{\text{х.ср.г.}}) \cdot 10^{-6}, \quad (12)$$

где: $G_{\text{ТП.ПВС}}$ - потери сетевой воды с нормативной утечкой в тепловых сетях на балансе энергоснабжающей организации, м³.

$\rho_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая плотность теплоносителя при средней (с учетом b) температуре теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, кг/м³.

b – доля массового расхода теплоносителя, теряемого подающим трубопроводом тепловой сети (принимается 0,5);

$t_{П.СР.Г.}$ и $t_{Х.СР.Г.}$ – среднегодовые значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети по температурному графику регулирования тепловой нагрузки, °С;

$t_{Х.СР.Г.}$ – среднегодовое значение температуры исходной воды, подаваемой на источник теплоснабжения и используемой для подпитки тепловой сети, °С;

c – удельная теплоемкость теплоносителя, ккал/кг °С.

4.2 Потери теплоты с затратами сетевой воды на пусковое заполнение тепловых сетей

Потери теплоты с затратами сетевой воды на пусковое заполнение тепловых сетей, связанное с проведением плановых ремонтов, за месяц работы $Q^M_{зап}$, Гкал/мес., определяются по формуле [6]:

$$Q^Г_{зап} = G^P_{П.П} \cdot c \cdot \rho_{зап} \cdot (t_{зап} - t_X) \cdot 10^{-6}, \quad (13)$$

где: $G^P_{П.П}$ – ожидаемые на период регулирования потери сетевой воды с пуском тепловых сетей и местных систем в эксплуатацию после планового ремонта и подключения новых сетей, м³;

$t_{зап} = 70$ °С, согласно «Типовой инструкции по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей)» РД 153-34.0-20.507-98 трубопроводы следует заполнять водой не выше 70 °С п. 5.2.1.3, стр. 20;

$\rho_{зап} = 977,71$ кг/м³ – плотность воды при температуре 70 °С (таблицы Вукаловича).

4.3 Потери теплоты с затратами сетевой воды на заполнение тепловых сетей, связанное с проведением регламентных испытаний

Потери теплоты с затратами сетевой воды на заполнение тепловых сетей, связанное с проведением регламентных испытаний, за месяц работы $Q^M_{п.и}$, Гкал/мес., определяются по формуле [6], Гкал:

$$Q^Г_{п.и} = G^P_{П.И} \cdot c \cdot \rho_{п.и} \cdot (t_{п.и} - t_X) \cdot 10^{-6}, \quad (14)$$

где: $t_{п.и} = 40$ °С, согласно типовой инструкции температура воды при проведении испытаний в трубопроводах не должна превышать 40 °С, п. 6.8.13, стр. 45;

$\rho_{п.и} = 992,26$ кг/м³ – плотность воды при температуре 40 °С (таблицы Вукаловича).

4.4 Расчет потерь сетевой воды и тепла с потерями сетевой воды в водяных тепловых сетях, находящихся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»

Расчет потерь сетевой воды и тепла с потерями сетевой воды в водяных тепловых сетях, находящихся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведены в приложении 1.

Согласно расчету, нормируемые эксплуатационные тепловые потери с потерями сетевой воды в тепловых сетях, находящихся в эксплуатации ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», составили **49 285 Гкал/год**, из них:

- тепловыми сетями, работающими по температурному графику 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С
– 34 756 Гкал/год (в том числе 0,085 тыс. Гкал САРЗ);
- тепловыми сетями, работающими по температурному графику 70/60 °С
– 14 529 тыс. Гкал/год (в том числе 0,014 тыс. Гкал САРЗ).

4.5 Расчет потерь тепла со сливами из автоматических регуляторов в водяных тепловых сетях, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»

Расчет потерь тепла со сливами из автоматических регуляторов в водяных тепловых сетях, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК», приведены в приложении 1.

Автоматические регуляторы в тепловых сетях рассчитаны по [6] и составляют для температурного графика 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С в отопительный период:

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| - подающий трубопровод САРЗ | 48,55 Гкал/год; |
| - обратный трубопровод САРЗ | 36,46 Гкал/год. |

Для температурного графика 70/60 °С в летний период составляют:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| - для подающего трубопровода САРЗ | 13,81 Гкал/год. |
|-----------------------------------|-----------------|

5 Выводы

5.1 Нормативные среднегодовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей

Нормативные среднегодовые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» - **239 628 Гкал/год**, в том числе:

- тепловыми сетями в непроходном канале – 140 304 Гкал/год;
- тепловыми сетями надземной прокладки – 99 324 тыс. Гкал/год.

5.2 Нормативные годовые тепловые потери тепла с ПСВ тепловых сетей

Нормативные годовые тепловые потери тепла с ПСВ тепловых сетей **49 285 Гкал/ч** (в том числе САРЗ – 99 Гкал):

- тепловыми сетями в непроходном канале – 21 939 Гкал/год;
- тепловыми сетями надземной прокладки – 27 349 Гкал/год.

5.3 Нормативные годовые потери сетевой воды в тепловых сетях

Нормативные годовые **потери сетевой воды** в тепловых сетях, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» **854,204 тыс. м³/год**, в том числе:

с утечкой	717,284 тыс. м ³ /год;
затраты сетевой воды	135,229 тыс. м ³ /год;
САРЗ	1,691 тыс. м ³ /год;

Нормативные годовые **потери тепловой энергии** в тепловых сетях, находящихся в обслуживании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК»

288 913 Гкал.

через изоляцию	239 628 Гкал;
с затратами сетевой воды	49 186 Гкал;
САРЗ	99 Гкал.

Список использованных источников

1. СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации – М.: СПО ОРГРЭС, 2003
2. СО 153-34.20.523(3)-2003. Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателю «тепловые потери»
3. СО 153-34.20.523(4)-2003. Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателю «потери сетевой воды»
4. СО 153-34.20.523(1) 2003 «Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателям «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» и «удельный расход электроэнергии»
5. Технический отчет о проведении испытаний на тепловые потери водяных тепловых сетей ООО «Тепловые сети Новокузнецка» от Кузнецкой ТЭЦ. – Кемерово: АО «СибИАЦ», 2024
6. Приказ Минэнерго РФ от 30 декабря 2008 года № 325 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии»
7. МДК 4-5.2004 «Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения». – Москва ЗАО «Рускоммунэнерго», 2003
8. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов
9. РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях
10. РД 153-34.0-20.523-98. Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии. Часть II

11. РД 153-34.0-20.523-98. Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии. Часть III
12. РД 153-34.1-20.528-2001. Рекомендации и пример расчета энергетической характеристики водяных тепловых сетей по показателю «потери сетевой воды»
13. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети
14. ПБ 10-573-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «СибИТЦ»



А.А. Желонкин
«22» декабря 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**Разработка энергетических характеристик систем транспорта
тепловой энергии
по тепловым сетям от Кузнецкой ТЭЦ
ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» -
«Межрегиональная теплосетевая компания»**

Договор № МТСК-26/6831 от 30.10.2024 г.

Ответственный исполнитель

A handwritten signature in blue ink, belonging to L.O. Makarova.

Л.О. Макарова

Кемерово 2024

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «Межрегиональная теплосетевая компания»

Книга 1 - Энергетические характеристики системы транспорта тепловой энергии система теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ по показателям: «Удельный расход сетевой воды», «Разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах», «Удельный расход электроэнергии» (часть 2)

Количество сброшюрованных листов 77 (семьдесят семь)

Срок действия: с «01» января 2025 г. по «31» декабря 2029 г.

Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»

К.А. Дьячков

Генеральный директор
ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин

Кемерово, 2024

Аннотация

Отчет содержит 79 страниц, 28 таблиц, 14 рисунков, 5 приложений.

Ключевые слова: **УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД СЕТЕВОЙ ВОДЫ, РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР СЕТЕВОЙ ВОДЫ, НОРМАТИВНЫЙ РЕЖИМ СОВОКУПНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.**

Целью проведения работы является определение нормативных значений режимных характеристик системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ, г. Новокузнецка по показателям «удельный расход сетевой воды», «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» и «удельный расход электроэнергии».

В ходе работы рассчитаны показатели нормативного режима совокупности потребителей, тепловой сети и системы теплоснабжения. Выполнено графическое построение энергетических характеристик для системы транспорта тепловой энергии по показателям «удельный расход сетевой воды», «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» и «удельный расход электроэнергии». Энергетические характеристики, отражают реально достижимую экономичность работы системы транспорта тепловой энергии Кузнецкой ТЭЦ г. Новокузнецка.

Показатели нормативного режима рассчитаны при характерных температурах наружного воздуха для системы теплоснабжения г. Новокузнецка.

В отчете приведены основные методические положения по порядку проведения обработки исходных данных и расчета режимных характеристик системы теплоснабжения.

Режимные характеристики рекомендуется использовать для анализа режимов работы тепловых сетей в целях определения уровня эксплуатации системы теплоснабжения г. Новокузнецка и при обосновании технологических показателей тарифа на тепловую энергию.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация.....	3
Перечень сокращений	6
Введение	7
1 Исходные данные по системе теплоснабжения.....	9
1.1 Источники тепловой энергии системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ	9
1.2 Общие сведения о системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ для разработки энергетических характеристик.....	9
1.3 Эксплуатационный температурный график.....	10
1.4 Гидравлические режимы.....	10
1.5 Тепловая сеть	11
1.6 Тепловые нагрузки	12
1.6.1 Тепловые нагрузки отопления (вентиляции).....	12
1.6.2 Тепловые нагрузки горячего водоснабжения	13
1.7 Насосные станции и центральные тепловые пункты.....	16
1.8 Характерные температуры наружного воздуха	16
2 Расчет удельного расхода сетевой воды в подающем трубопроводе.....	19
2.1 Оценка температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей	19
3 Проведение гидравлического расчета системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ	34
4 Определение отпуска тепловой энергии в системе теплоснабжения.....	37
5 Проверка правильности оценки падения температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети.....	42
6 Определение нормативного удельного расхода сетевой воды в подающей линии систем теплоснабжения	43
7 Энергетическая характеристика по показателю «Разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах»	46
7.1 Общие положения.....	46
7.2 Расчётное значение понижения температуры сетевой воды в тепловой сети за счет тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов.....	47
7.3 Определение нормируемой разности температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах совокупности потребителей.....	47

8	Определение нормируемой разности температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах и нормируемой температуры сетевой воды в обратных трубопроводах системы теплоснабжения	53
9	Расчет удельного расхода электроэнергии на транспорт и распределение тепловой энергии.....	57
9.1	Нормируемая мощность электродвигателей насосов	57
9.2	Удельный расход электроэнергии на транспортировку тепла	57
10	Определение фактических режимов работы системы теплоснабжения	60
10.1	Исходные данные для определения фактических режимов работы системы теплоснабжения	60
10.2	Расчет фактических среднесуточных значений показателей фактических режимов работы системы теплоснабжения.....	60
10.3	Сопоставление фактических показателей режимов работы системы транспорта тепловой энергии с их нормируемыми значениями	60
11	Рекомендации.....	72
	Список использованных источников.....	73
	ПРИЛОЖЕНИЯ	74
1	Энергетическая характеристика «Гидравлический режим системы теплоснабжения»	75
2	Энергетическая характеристика по показателю «Удельный расход сетевой воды»	76
3	Энергетическая характеристика по показателю «Разность температур в подающем и обратном трубопроводе».....	77
4	Энергетическая характеристика по показателю «Нормативная температура в обратном трубопроводе».....	78
5	Энергетическая характеристика по показателю «Удельный расход электроэнергии на транспорт тепловой энергии»	79

Перечень сокращений

ГВС – горячее водоснабжение

ИТП – индивидуальный тепловой пункт

ПТЭ – правила технической эксплуатации электрических станций и сетей

РР – регулятор давления

РТ – регулятор температуры

СГВ – система горячего водоснабжения

СМШ – смешанная схема

СНиП – строительные нормы и правила

ТК – тепловая камера

ТМ – тепловая магистраль

ТП – тепловой пункт

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

ЦО – центральное отопление

ЦТП – центральный тепловой пункт

Введение

Расчеты нормируемых энергетических характеристик системы транспорта тепловой энергии от Кузнецкой ТЭЦ г. Новокузнецка по показателям **«удельный расход сетевой воды»** и **«разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах»** проводились в соответствии с требованиями ПТЭ и порядком, установленным СО 153-34.20.523(2)-2003 «Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю «удельный расход сетевой воды», РД 153-34.0-20.529-2001 «Рекомендации по определению нормативных режимных характеристик систем теплоснабжения и нормативной гидравлической энергетической характеристики тепловых сетей» и СО 153-34.20.523(1)-2003 «Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателям «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» и «удельный расход электроэнергии».

Цель выполнения работы:

- составление энергетических характеристик тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ на балансе и в арендном пользовании ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» в соответствии с требованиями [1, 2, 3].

По окончании работы Заказчику выдается следующая документация:

- энергетические характеристики тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ по показателю **«удельный расход сетевой воды»**;

- энергетические характеристики тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ по показателю **«разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах»**;

- энергетические характеристики тепловых сетей системы теплоснабжения г. Новокузнецка от Кузнецкой ТЭЦ по показателю **«удельный расход электроэнергии»**.

В качестве исходных данных для построения режимных характеристик использовалась исполнительная документация теплосетей Кузнецкой ТЭЦ, эксплуатационные материалы по тепловой сети и источнику тепла.

На основе результатов расчетов разработаны энергетические характеристики для системы транспорта тепловой энергии по показателям:

- «удельный расход сетевой воды»;
- «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах»;
- «удельный расход электроэнергии».

1 Исходные данные по системе теплоснабжения

1.1 Источники тепловой энергии системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Кузнецкая ТЭЦ – один из главных теплоисточников крупнейшего города Кемеровской области – Новокузнецка с установленной электрической мощностью 108 МВт и установленной теплофикационной мощностью 890 Гкал/час. Она обеспечивает потребности в теплоснабжении жителей Кузнецкого, юго-восточную часть Центрального, Орджоникидзевского районов города, а также часть Куйбышевского районов и в паре - предприятия Кузнецкого района. Оборудование ТЭЦ рассчитано на выработку тепловой и электрической энергии.

На источнике теплоты для потребителей регулирование отпуска тепла – центральное качественное по нагрузке отопления (за счет изменения температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха).

Расчетным температурным графиком является отопительно-бытовой (регулирование по совмещенной нагрузке).

1.2 Общие сведения о системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ для разработки энергетических характеристик

В системе транспортировки тепла ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» г. Новокузнецка находятся магистральные и квартальные тепловые сети. Магистральные тепловые сети находятся на балансе ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» Квартальные сети находятся в эксплуатации в соответствии с концессионным соглашением ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК».

Материальная характеристика тепловых сетей ФИЛИАЛА АО «КУЗБАССЭНЕРГО» - «МТСК» на момент разработки энергетических характеристик составила **97 437,9 м²**.

Суммарная расчетная тепловая нагрузка потребителей Кузнецкой ТЭЦ равна **899,438577 Гкал/ч**, в том числе:

- отопление / вентиляция – 676,093889 / 97,28407 Гкал/ч;
- ГВС (максимальная за выходной день) – 126,060618 Гкал/ч.

Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды в жилых зданиях – 1,7 – для открытой схемы включения, 2,4 – для закрытой схемы.

1.3 Эксплуатационный температурный график

Регулирование теплосети системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ – качественное (в зависимости от температуры наружного воздуха). Система горячего водоснабжения – открыто-закрытая. Схема включения водоподогревателей систем горячего водоснабжения – двухступенчатая последовательная. Открытая схема включения с непосредственным водоразбором.

Расчетный температурный график регулирования отпуска тепла магистральных тепловых сетей от Кузнецкой ТЭЦ – 150/70 °С со срезкой на 125 °С и со спрямлением для ГВС на 70 °С. В летний период ТЭЦ работает по графику 70/60 °С.

Расчетная температура наружного воздуха для отопления Кузнецкая ТЭЦ равняется -39 °С (схема теплоснабжения НГО).

Эксплуатационный температурный график системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ разработан с учетом поправки (дополнительного температурного перепада) на обеспечение работы подогревателей горячего водоснабжения, подключенных по последовательной схеме.

Расчет температурного графика регулирования отпуска тепла системы теплоснабжения приведен в приложении 1.

1.4 Гидравлические режимы

Эксплуатационный гидравлический режим работы водяных тепловых сетей Кузнецкой ТЭЦ в отопительный период приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Эксплуатационный гидравлический режим работы водяных тепловых сетей Кузнецкой ТЭЦ в отопительный период

Теплоисточник	Отопительный период		
	Р _{под} , кгс/см ²	G _п , т/ч	Р _{об} , кгс/см ²
КузТЭЦ, БУ-1	10,8	2100	2,5
КузТЭЦ, БУ-2	11,2	1480	2,5
КузТЭЦ, БУ-3	11,6	2650	2,1
ВК	10,8	3000	3,5
Всего:	-	9230	-

1.5 Тепловая сеть

Транспорт тепловой энергии от Кузнецкой ТЭЦ осуществляется в горячей воде по четырем тепловыводам:

- от бойлерной установки № 1 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 700 мм до коллекторной № 1, расположенной за пределами ТЭЦ и далее в Кузнецкий и Центральный районы;
- от бойлерной установки № 2 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 600 мм до коллекторной № 1, расположенной за пределами ТЭЦ, и далее в Кузнецкий и Центральный районы;
- от бойлерной установки № 3 по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 600 мм в Орджоникидзевский район;
- от водогрейной котельной по магистральной тепловой сети диаметром 2Ду 1000 мм на коллекторную № 1 и далее по тепломагистрали 1Ду 1000 мм (под.) и 2Ду 700 мм в Центральный район.

Перераспределение потоков теплоносителя на коллекторной № 1 происходит произвольно.

Пар промышленным потребителям отпускается следующих параметров: от 2,5 до 7 кгс/см² (линия НКАЗ-П) и свыше 13 кгс/см² по двум паропроводам.

Прокладка тепловых сетей от КТЭЦ в Центральный и Кузнецкий районы по незастроенной территории - надземная, на низких отдельно стоящих опорах, в городской застройке - в основном подземная в непроходных железобетонных каналах.

Переход теплопроводами ТМ № 1 на левый берег р. Томи выполнен по существующему мосту трубопроводами 2Ду 1000 мм, протяженностью 1174 м.

В правобережной части города на тепловых сетях от КТЭЦ построены две тепловые камеры с секционирующими задвижками - одна в Кузнецкий и Центральный районы (КСЗ-1) и вторая в Центральный район (КСЗ-2), обеспечивающие циркуляцию сетевой воды в аварийных ситуациях.

Тепловые сети Центрального района за счет строительства распределительных тепловых сетей по улицам Циолковского, Сеченова и Кузнецова - кольцевые, позволяющие обеспечить подачу теплоносителя при аварийных ситуациях.

На существующих тепловых сетях для обеспечения нормальных гидравлических параметров теплоносителя для присоединения потребителей по наиболее простым зависимым схемам установлены две подкачивающие насосные станции - ПНС-11 (на Центральный район) и ПНС-15 (на Кузнецкий район) и насосная станция зарядки и разрядки баков-аккумуляторов (ПНС-12).

Основная доля трубопроводов тепловых сетей проложена подземным способом. Компенсация тепловых удлинений магистральных трубопроводов от КТЭЦ при подземной прокладке выполнена сальниковыми компенсаторами и поворотами трубопроводов, при надземной прокладке П-образными компенсаторами и поворотами трубопроводов. Изоляция трубопроводов выполнена, в основном, минераловатными матами и плитами.

На тепловых сетях установлена следующая арматура: задвижки, регуляторы давления, дроссельные клапаны, обратные клапаны, вентили.

1.6 Тепловые нагрузки

1.6.1 Тепловые нагрузки отопления (вентиляции)

Присоединение систем отопления абонентов к тепловой сети организовано по зависимой схеме (теплоноситель в отопительные приборы поступает непосредственно из тепловой сети), а также по независимой схеме (теплоноситель в отопительные приборы поступает, проходя теплообменники).

Расчетная (максимальная) тепловая нагрузка на отопление (вентиляцию) потребителей Кузнецкой ТЭЦ составляет 770,378 Гкал/ч, на ГВС – 126,061 Гкал/ч.

Таблица 2 – Тепловые нагрузки

Вид тепловой нагрузки	Обозначение	Нагрузка, Гкал/ч
Присоединённая отопительная нагрузка (зависимое присоединение)	$\sum (q_{po})_{неп}$	676,094
Присоединённая вентиляционная нагрузка (независимое присоединение)	$\sum (q_{pv})_{неп}$	94,284
Средненедельная нагрузка ГВС по открытой схеме (с циркуляцией) непосредственный водоразбор	$\sum (q_{ср нг})_{о а}$	84,990
Средненедельная нагрузка ГВС по закрытой схеме (с циркуляцией)	$\sum (q_{ср нг})_{з а}$	41,071

Распределение потребителей по схемам присоединения систем отопления (вентиляции) в системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение потребителей по схемам присоединения систем отопления (вентиляции) в системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Схема присоединения потребителей	Расчетная тепловая нагрузка на отопление (вентиляцию), Гкал/ч		
	Обозначение	Способ определения	Значение
Непосредственная	$\sum(Q^p_{от.в})_{неп}$	Эксплуатационные данные	676,094
Независимая	$\sum(Q^p_{от.в})_{нез}$	Эксплуатационные данные	94,284
Итого	$\sum Q^p_{от.в}$	$\sum(Q^p_{от.в})_{неп} + \sum(Q^p_{от.в})_{нез}$	770,378

1.6.2 Тепловые нагрузки горячего водоснабжения

Все потребители горячего водоснабжения в системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ подключены по открыто-закрытой схеме.

Подогреватели сетевой воды подключены по последовательной схеме.

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение потребителей составляет 126,061 Гкал/ч.

Среднечасовая тепловая нагрузка на горячее водоснабжение (без циркуляции) потребителей составляет

$$\begin{aligned}
 &= 72,715 \text{ Гкал/ч, в т.ч.} \\
 &\text{закрытая} \quad 11,334 \text{ Гкал/ч/2,4} \quad = 4,723 \text{ Гкал/ч;} \\
 &\text{открытая} \quad 115,586 \text{ Гкал/ч/1,7} \quad = 67,992 \text{ Гкал/ч,}
 \end{aligned}$$

где: 2,4; 1,7 – коэффициенты суточной неравномерности для Кузнецкой ТЭЦ).

Распределение потребителей по схемам присоединения СГВ в закрытой и открытой части системы теплоснабжения приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Распределение потребителей по схемам присоединения СГВ

Схема присоединения потребителей		Средне недельная (среднечасовая) тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, Гкал/ч			Расход тепловой энергии на циркуляцию воды в СГВ, Гкал/ч		
		Обозначение	Способ определения	Значение	Обозначение	Способ определения	Значение
в закрытой части системы теплоснабжения							
Автоматизированные СГВ (РТ установлен)	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ЦТП	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ЦТП\text{ в.п.а.ц}}$	Эксплуатационные данные	0,000	$\sum(Q_{Ц}^p)_{ЦТП\text{ в.п.а}}$	Характеристики потребителей системы теплоснабжения	0,000
	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ИТП	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ИТП\text{ в.п.а.ц}}$	Эксплуатационные данные	0,000	$\sum(Q_{Ц}^p)_{ИТП\text{ в.п.а}}$	$0,2 * \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ИТП\text{ в.п.а.ц}}$	0,000
	При отсутствии циркуляции в СГВ	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{в.п.а}$	- / -	0,000	-		-
Неавтоматизированные СГВ (РТ отсутствует)	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ЦТП	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ЦТП\text{ в.п.на.ц}}$	- / -	0,000	$\sum(Q_{Ц}^p)_{ЦТП\text{ в.п.на}}$	$0,25 * \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ЦТП\text{ в.п.на.ц}}$	0,000
	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ИТП	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ИТП\text{ в.п.на.ц}}$	- / -	4,723	$\sum(Q_{Ц}^p)_{ИТП\text{ в.п.на}}$	$0,2 * \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{ИТП\text{ в.п.на.ц}}$	0,945
	При отсутствии циркуляции в СГВ	$\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{в.п.на}$	- / -	0,000	-		-

Схема присоединения потребителей		Средненедельная (среднечасовая) тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, Гкал/ч			Расход тепловой энергии на циркуляцию воды в СГВ, Гкал/ч		
		Обозначение	Способ определения	Значение	Обозначение	Способ определения	Значение
Итого:		$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вп}$	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{цтп\text{ в.п.а.ц}} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{итп\text{ в.п.а.ц}} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{итп\text{ в.п.а}} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{цтп\text{ в.п.на.ц}} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{итп\text{ в.п.на.ц}} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{итп\text{ в.п.на}}$	4,723	$\sum(Q_{ц}^p)_{вп}$	$\sum(Q_{ц}^p)_{цтп\text{ в.п.а}} + \sum(Q_{ц}^p)_{итп\text{ в.п.а}} +$ $\sum(Q_{ц}^p)_{цтп\text{ в.п.на}} + \sum(Q_{ц}^p)_{итп\text{ в.п.на}}$	0,945
СГВ в открытой части системы теплоснабжения							
Автоматизированные СГВ (РТ)	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ЦТП	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.а.ц}$	Эксплуатационные данные	67,992	$\sum(Q_{ц}^p)_{вр.а}$	$0,25 * \sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.а.ц}$	16,998
	При отсутствии циркуляции в СГВ	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.а}$	тоже	0,00	-		-
Неавтоматизированные СГВ (РТ)	При наличии циркуляции в СГВ, присоединенной к ЦТП	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.на.ц}$	- / -	67,992	$\sum(Q_{ц}^p)_{вр.на}$	$0,25 * \sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.на.ц}$	16,998
	При отсутствии циркуляции в СГВ	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.на}$	- / -	0,00	-		-
Итого:		$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр}$	$\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.а.ц} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.а} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.на.ц} +$ $\sum(Q_{гв}^{ср.н})_{вр.на}$	72,715	$\sum(Q_{ц}^p)_{вр}$	$\sum(Q_{ц}^p)_{вр.а} + \sum(Q_{ц}^p)_{вр.на}$	17,943

1.7 Насосные станции и центральные тепловые пункты

В системе транспорта тепловой энергии КТЭЦ работают 3 насосных станции. Состав оборудования насосных станции системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведен в приложение 6.

1.8 Характерные температуры наружного воздуха

Температура излома ($t_{\text{излом}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$) скорректированного температурного графика системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ соответствуют температуре наружного воздуха $t_{\text{нв}} = 0,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Начало и окончание отопительного периода утверждено при температуре наружного воздуха плюс $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормируемые значения энергетических характеристик по показателям «удельный расход сетевой воды» и «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» рассчитываются при характерных температурах наружного воздуха.

Характерные температуры наружного воздуха для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ:

Обозначение	Ед. изм.	Наименование	Значение
$t_{\text{н}}$	$^{\circ}\text{C}$	температура наружного воздуха в начало (окончание) отопительного периода	+ 8
$t_{\text{н.и}}$	$^{\circ}\text{C}$	соответствующей точке излома (спрямления для горячего водоснабжения) температурного графика.	+ 2
$t_{\text{н.п}}$	$^{\circ}\text{C}$	(промежуточной), соответствующей среднему значению температуры наружного воздуха между точками излома и срезки температурного графика; В системах теплоснабжения с открытой схемой присоединения ГВС без автоматического регулирования температуры воды на входе в системы ГВС принято значение температуры наружного воздуха, соответствующее переводу водоразбора с подающего на обратный трубопровод, при котором значение температуры воды в подающем трубопроводе минимально превышает предельное ($75 \text{ }^{\circ}\text{C}$) на входе в систему ГВС, а соответствующее ему значение температуры воды в обратном трубопроводе в наименьшей степени отличается от минимально допустимого ($60 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Нормируемые значения определяются для режимов отбора воды как из подающей, так и из обратной линии.	- 13

Обозначение	Ед. изм.	Наименование	Значение
$t_{нв.п1}$	°C	промежуточная температура наружного воздуха	-14
$t_{ср}$	°C	температура срезки по графику	- 27
$t_{н.р}$	°C	расчетной для отопления	- 39

Температура сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей необходима для определения эксплуатационных удельных расходов теплоносителя по всем видам тепловых нагрузок. Оценка указанной температуры сетевой воды производится путем последовательного выполнения ряда расчетов в разделах 2 – 3, а повышенный температурный график представлен на рисунке 1.

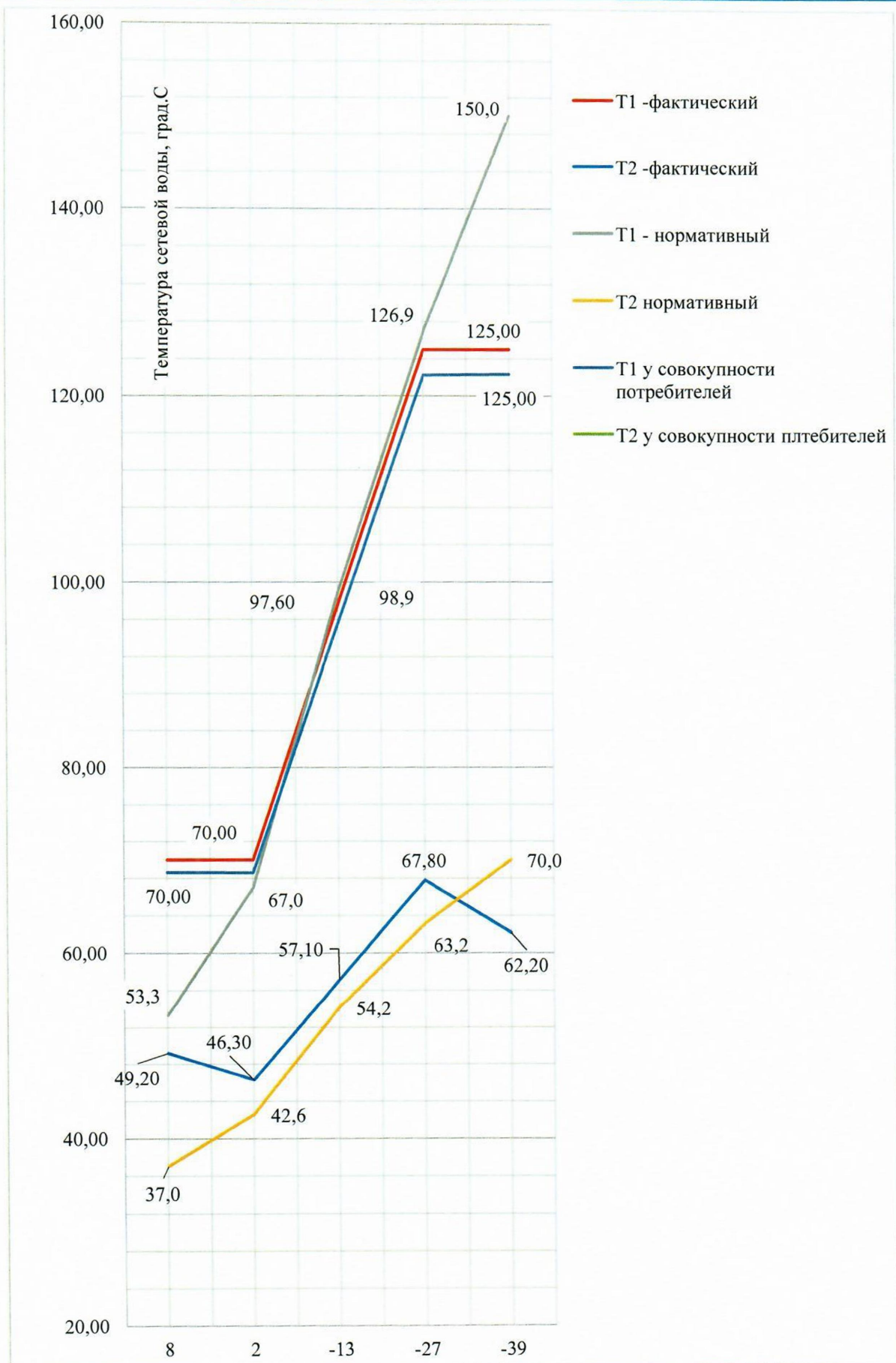


Рисунок 1 – Температурные графики и характерные температуры наружного воздуха

2 Расчет удельного расхода сетевой воды в подающем трубопроводе

2.1 Оценка температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей

2.1.1 Соотношение нагрузок ГВС и отопления у совокупности потребителей

Соотношения нагрузок ГВС и отопления (вентиляции), у совокупности потребителей для отдельных частей системы теплоснабжения находятся по следующим формулам.

В целом по открыто-закрытой системе теплоснабжения отношение средненедельной нагрузки ГВС к расчетной отопительно-вентиляционной нагрузке a_{Σ} , составляет:

$$a_{\Sigma} = a_{за} + a_{за на} + a_{о а} + a_{о на} \quad (1)$$

где: $a_{за}$ и $a_{за на}$ – отношение средненедельной тепловой нагрузки на автоматизированное и неавтоматизированное ГВС в закрытой части системы теплоснабжения к суммарной расчетной тепловой нагрузке на отопление и вентиляцию;

$a_{о а}$ и $a_{о на}$ – отношение средненедельной тепловой нагрузки на автоматизированное и неавтоматизированное ГВС в открытой части системы теплоснабжения к суммарной расчетной тепловой нагрузке на отопление и вентиляцию.

Под автоматизированным ГВС подразумевается наличие регулятора температуры воды на входе в систему ГВС.

Для открытой системы теплоснабжения:

$$a_{о а} = \frac{1,1 \cdot (\sum (Q_{ГВ}^{ср н})_{вр а} + \sum (Q_{ГВ}^{ср н})_{вр а ц})}{\sum Q_{от в}^p} = \frac{1,1 \cdot (67,992 + 16,998)}{790,91} = 0,118204 \quad (2)$$

где: $\sum (Q_{ГВ}^{ср н})_{вр а}$ – средненедельная тепловая нагрузка на ГВС при отсутствии циркуляции в СГВ, Гкал/ч;

$\sum (Q_{ГВ}^{ср н})_{вр а ц}$ – средненедельная тепловая нагрузка на ГВС при наличии циркуляции в СГВ, Гкал/ч;

$\sum Q_{от в}^p$ – расчетная тепловая нагрузка на отопление (вентиляцию), Гкал/ч.

Для закрытой системы теплоснабжения:

$$a_{3a} = \frac{1,1 \cdot (\Sigma(Q_{ГВ}^{cp\ n})_{вп\ a} + \Sigma(Q_{ГВ}^{cp\ n})_{вп\ a\ ц})}{\Sigma Q_{от\ в}^p} = \frac{1,1 \cdot (4,723 + 0,945)}{790,91} = 0,007883 \quad (3)$$

где: $\Sigma(Q_{ГВ}^{cp\ n})_{вп\ a}$ – средненедельная тепловая нагрузка на ГВС при отсутствии циркуляции в СГВ, Гкал/ч;

$\Sigma(Q_{ГВ}^{cp\ n})_{вп\ a\ ц}$ – средненедельная тепловая нагрузка на ГВС при наличии циркуляции в СГВ, Гкал/ч;

$\Sigma Q_{от\ в}^p$ – Расчетная тепловая нагрузка на отопление (вентиляцию), Гкал/ч.

Расчет соотношения нагрузок ГВС и отопления (вентиляции) у совокупности потребителей для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ представлен в таблице 5.

В целом по системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ отношение средненедельной нагрузки ГВС (с коэффициентом 1,1) к расчетной отопительно-вентиляционной нагрузке у совокупности потребителей (α_{Σ}) составляет **0,126087**.

2.1.2 Оценка гидравлической устойчивости системы теплоснабжения

Приближенная оценка показателя гидравлической устойчивости системы теплоснабжения $Z^{оц}$ при характерных температурах наружного воздуха $t_{н\ и}$ и $t_{н\ п}$ производится на основе соотношения нагрузок ГВС и отопления из таблицы 1 по эмпирическим формулам, разработанным для систем теплоснабжения со средними показателями гидравлической устойчивости:

$$\text{при } t_{н\ и}: Z^{оц} = 1,05 + 3 \cdot (a_{3a} + a_{3на}) + 1,1 \cdot a_{о\ a} + 1,3 \cdot a_{о\ на} \quad (4)$$

$$\text{при } t_{н\ п}: Z^{оц} = 1,05 + 2 \cdot a_{3a} + 3,5 \cdot a_{3на} + 0,9 \cdot a_{о\ a} + 1,4 \cdot a_{о\ на} \quad (5)$$

$$\text{при } t_{н\ p}: Z^{оц} = 1,05 + 1,6 \cdot a_{3a} + 3,8 \cdot a_{3на} + 0,8 \cdot (a_{о\ a} + a_{о\ на}) \quad (6)$$

Для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ значения $Z^{оц}$ составляют:

$$\text{при } t_{н\ и} = 0,0^{\circ}\text{C}; \quad Z^{оц} = 1,05 + 3 \cdot 0,007883 + 1,3 \cdot 0,118204 = 1,227;$$

$$\text{при } t_{н\ п} = -16^{\circ}\text{C}; \quad Z^{оц} = 1,05 + 3,5 \cdot 0,007883 \cdot 1,4 \cdot 0,118204 = 1,243;$$

$$\text{при } t_{н\ c} = -39^{\circ}\text{C}; \quad Z^{оц} = 1,05 + 3,8 \cdot 0,007883 + 0,8 \cdot 0,118204 = 1,175$$

Расчет степени стабильности расхода сетевой воды через системы отопления и вентиляции представлен в таблице 6.

Таблица 5 – Расчет соотношения нагрузок ГВС и отопления (вентиляции) у совокупности потребителей для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Наименование показателя	Обозначение	Способ определения	Значение	Значение
Соотношение нагрузок горячего водоснабжения и отопления у совокупности потребителей				
Для закрытой части системы теплоснабжения				
- с автоматизированными СГВ	$\alpha_{з.а}$	$1,1 * [\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вп.а} + \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вп.а.ц}] / \sum Q_{от.в}^p$	$1,1 (0 + 0) / 790,91$	0,000
- с неавтоматизированными СГВ	$\alpha_{з.на}$	$1,1 * [\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вп.на} + \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вп.на.ц}] / \sum Q_{от.в}^p$	$1,1 [4,723+0,945] / 790,91$	0,007883
Для открытой части системы теплоснабжения				
- с автоматизированными СГВ	$\alpha_{оч.а}$	$1,1 * [\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вр.а} + \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вр.а.ц}] / \sum Q_{от.в}^p$	$1,1 \cdot (0 + 0) / 790,91$	0,000
- с неавтоматизированными СГВ	$\alpha_{оч.на}$	$1,1 * [\sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вр.на} + \sum(Q_{ГВ}^{ср.н})_{вр.на.ц}] / \sum Q_{от.в}^p$	$1,1 \cdot [67,992+16,998] / 790,91$	0,118204
В целом по системе теплоснабжения	α_{Σ}	$\alpha_{з.а} + \alpha_{з.на} + \alpha_{оч.а} + \alpha_{оч.на}$	0+0,007883+0+0,118204	0,126087

Таблица 6 – Расчет степени стабильности расхода сетевой воды через системы отопления и вентиляции ($Z^{оц}$)

Характерные температуры наружного воздуха		Обозначение	Способ определения	Расчет	Значение
- при $t_{нв.и}$ (0,0 °C)	0	$Z^{оц}$	$1,05 + 3 \cdot (\alpha_{з.а} + \alpha_{з.на}) + 1,1 \cdot \alpha_{о.а} + 1,3 \cdot \alpha_{о.на}$	$1,05+3 \cdot (0+0,007883)+1,1 \cdot 0 + 1,3 \cdot 0,118204$	1,227
- при $t_{нв.и} > t_{нв} > t_{нв.с}$ (-16 °C)	-16		$1,05 + 2 \cdot \alpha_{з.а} + 3,5 \cdot \alpha_{з.на} + 0,9 \cdot \alpha_{о.а} + 1,4 \cdot \alpha_{о.на}$	$1,05+2 \cdot 0 + 3,5 \cdot 0,007883 + 0,9 \cdot 0 + 1,4 \cdot 0,118204$	1,243
- при $t_{нв.р}$ (-39,0 °C)	-39,0		$1,05 + 1,6 \cdot \alpha_{з.а} + 3,8 \cdot \alpha_{з.на} + 0,8 \cdot (\alpha_{о.а} + \alpha_{о.на})$	$1,05+1,6 \cdot 0 + 3,8 \cdot 0,007883 + 0,8 \cdot (0+0,118204)$	1,175

2.1.3 Определение относительного расхода тепловой энергии на отопление при характерных значениях температуры наружного воздуха

При качественном режиме регулирования отопительно-вентиляционной нагрузки значение относительного расхода тепловой энергии на отопление (q_x) определяется для каждого из характерных значений температуры наружного воздуха ($t_{нв}$, $t_{нв.и}$, $t_{нв.п}$, $t_{нв.с}$, $t_{нв.р}$) по формуле:

$$q_x = \frac{t_{вн.р} - t_{н.х}}{t_{вн.р} - t_{н.р}} \quad (7)$$

где: $t_{вн.р}$ - расчетная (нормативная) температура воздуха внутри помещения (20 °С).

Для системы теплоснабжения значения q_x при характерных значениях температуры наружного воздуха составляют:

при $t_n = +8^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 - 8}{20 + 39} = 0,2$;
при $t_{н.и} = 2^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 - 2}{20 + 39} = 0,31$;
при $t_{н.п} = -13^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 + 13}{20 + 39} = 0,56$;
при $t_{н.с} = -14^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 + 14}{20 + 39} = 0,58$;
при $t_{н.р} = -27^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 + 27}{20 + 39} = 0,8$;
при $t_{н.р} = -39^\circ\text{C}$;	$q_x = \frac{20 + 39}{20 + 39} = 1,00$

Результаты расчета относительного расхода тепловой энергии на отопление при характерных значениях температуры наружного воздуха приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Относительный расход тепловой энергии на отопление при характерных значениях температуры наружного воздуха

Наименование показателя	$t_{нв.о.}$	$t_{нв.п1}$	$t_{нв.п}$	$t_{нв.и}$	$t_{нв.п3}$	$t_{нв.р}$
Характерные температуры наружного воздуха $t_{нв.х}$, °С	8	2	-13	-14	-27	-39
Относительный расход тепловой энергии на отопление q_x	0,2	0,34	0,56	0,58	0,8	1,00

2.1.4. Оценка доли тепловых потерь в потреблении тепловой энергии

Доля тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети в потреблении тепловой энергии ($P_{\text{тп}}^{\text{от}}$) определяется по формуле:

$$P_{\text{т.п}}^{\text{от}} = \sum Q_{\text{т.п}} / Q_{\Sigma} = (Q_{\text{т.п.подз}} + Q_{\text{т.п.надз}}) / Q_{\Sigma} \quad (8)$$

где: $\sum Q_{\text{т.п}}$ - суммарные тепловые потери тепловых сетей в системе теплоснабжения при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч;

Q_{Σ} - суммарный расход тепловой энергии (тепловой нагрузки) совокупностью потребителей при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч;

$Q_{\text{т.п.подз}}$ и $Q_{\text{т.п.надз}}$ - суммарные тепловые потери тепловых сетей подземной и надземной прокладки в системе теплоснабжения при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч.

Для определения доли тепловых потерь среднегодовые тепловые потери приводятся к условиям, соответствующим каждому характерному значению температуры наружного воздуха, по формулам:

- для подземной прокладки, Гкал/ч:

$$Q_{\text{т.п.подз}} = (Q_{\text{т.п.подз}}^{\text{ср.г}} * (t_{1\text{x}} + t_{2\text{x}} - 2 * t_{\text{гр}}^{\text{ср.о.с}})) / (t_{1\text{ср.г}} + t_{2\text{ср.г}} - 2 * t_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}) \quad (9)$$

- для надземной прокладки, Гкал/ч:

$$Q_{\text{т.п.надз}} = (Q_{\text{т.п.надз}}^{\text{ср.г}} * (t_{1\text{x}} + t_{2\text{x}} - 2 * t_{\text{нв.х}})) / (t_{1\text{ср.г}} + t_{2\text{ср.г}} - 2 * t_{\text{нв.ср.г}}) \quad (10)$$

где: $t_{1\text{ср.г}}$, $t_{2\text{ср.г}}$, $t_{\text{нв.ср.г}}$ и $t_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ - соответственно среднегодовые температуры сетевой воды в подающей и обратной линиях, наружного воздуха и грунта на средней глубине заложения трубопроводов, °С;

$t_{\text{нв.х}}$, $t_{1\text{x}}$ и $t_{2\text{x}}$, - характерные значения температуры наружного воздуха и соответствующие им значения температуры сетевой воды в подающей и обратной линиях, °С;

$t_{\text{гр}}^{\text{ср.о.с}}$ - средняя за отопительный сезон температура грунта на средней глубине заложения трубопроводов, °С;

$Q_{\text{т.п.подз}}^{\text{ср.г}}$ и $Q_{\text{т.п.надз}}^{\text{ср.г}}$ - суммарные среднегодовые часовые тепловые потери тепловых сетей подземной и надземной прокладки в системе теплоснабжения, Гкал/ч.

Результаты расчета суммарных тепловых потерь в системе теплоснабжения при характерных значениях наружного воздуха приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Суммарные тепловые потери в системе теплоснабжения при характерных значениях наружного воздуха, Гкал/ч

Наименование показателя	Характерные температуры наружного воздуха $t_{нв.х}$, °С					
	$t_{нв.о.}$	$t_{нв.п1}$	$t_{нв.п2}$	$t_{нв.п3}$	$t_{нв.п4}$	$t_{нв.п5}$
	8	2	-13	-14	-27	-39
Суммарные тепловые потери в системе теплоснабжения, в том числе:	29,1	29,6	43,5	44,6	57,2	58,5
Через изоляцию, Гкал/ч	24,2	24,6	35,9	36,7	47,0	47,9
- для подземной прокладки	14,9	14,5	19,6	20,0	24,8	24,0
- для надземной прокладки	9,3	10,1	16,3	16,7	22,2	23,9
С утечкой, Гкал/ч	4,9	5,0	7,6	7,9	10,2	10,6
- для подземной прокладки	2,0	1,9	2,6	2,7	3,3	3,2
- для надземной прокладки	2,9	3,1	5,0	5,2	6,9	7,4

Суммарные тепловые потери в системе теплоснабжения рассчитаны как сумма среднегодовых потерь тепла в тепловых сетях системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ (с учетом потери в тепловых сетях сторонних потребителей), приведенных к условиям, соответствующим каждой характерной температуре наружного воздуха.

Значения тепловой нагрузки совокупности потребителей в системе теплоснабжения Q_{Σ} , Гкал/ч, при каждом характерном значении температуры наружного воздуха определяются по формуле:

$$Q_{\Sigma} = q_x \cdot \sum Q_{р.ов} + \sum Q_{ГВС\text{ ср.нед}} \quad (11)$$

где: $\sum Q_{от.в}^P$ - суммарный расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, Гкал/ч;

$\sum Q_{ГВС}^{ср.н}$ - суммарный расчетный средненедельный расход тепловой энергии на ГВС совокупности потребителей, Гкал/ч.

Согласно эксплуатационным данным расчетные расходы тепловой энергии на отопление, вентиляцию и ГВС ($\sum Q_{от.в}^P$, $\sum Q_{ГВС}^{ср.н}$) составляют 773,378 и 90,658 Гкал/ч (средненедельное ГВС с учетом циркуляции), соответственно (раздел 1.2).

Значения тепловой нагрузки совокупности потребителей в системе теплоснабжения по данным из таблицы 2 при каждом характерном значении температуры наружного воздуха составляют:

при $t_n = +8^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 0,2 \cdot 773,378 + 90,658 = 248,84 \text{ Гкал/ч;}$
при $t_{n\text{ и}} = +2^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 0,31 \cdot 773,378 + 90,658 = 335,84 \text{ Гкал/ч;}$
при $t_{n\text{ п}} = -13^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 0,56 \cdot 773,378 + 90,658 = 532,77 \text{ Гкал/ч;}$
при $t_{n\text{ с}} = -14^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 0,58 \cdot 773,378 + 90,658 = 546,222 \text{ Гкал/ч;}$
при $t_{n\text{ с}} = -27^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 0,8 \cdot 773,378 + 90,658 = 723,386 \text{ Гкал/ч;}$
при $t_{n\text{ р}} = -39^\circ\text{C}$	$Q_\Sigma = 1 \cdot 773,378 + 90,658 = 881,568 \text{ Гкал/ч.}$

Доля тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети в потреблении тепловой энергии при каждой характерной температуре наружного воздуха составляет:

при $t_n = +8^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{29,1}{248,84} = 0,169$
при $t_{n\text{ и}} = +2^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{29,6}{335,84} = 0,0881;$
при $t_{n\text{ п}} = -13^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{43,57}{532,777} = 0,0818;$
при $t_{n\text{ п}} = -14^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{44,61}{546,222} = 0,0817;$
при $t_{n\text{ с}} = -27^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{57,2}{723,386} = 0,0791;$
при $t_{n\text{ р}} = -39^\circ\text{C;}$	$P_{\text{тп}}^{\text{оц}} = \frac{58,5}{881,568} = 0,0664$

Результаты расчета значений тепловой нагрузки совокупности потребителей в системе теплоснабжения (Q_Σ) при каждом характерном значении температуры наружного воздуха приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Тепловая нагрузка совокупности потребителей в системе теплоснабжения (Q_{Σ}) при каждом характерном значении температуры наружного воздуха

Наименование показателя	Характерные температуры наружного воздуха $t_{нв.х}$, °C					
	$t_{нв.о.}$	$t_{нв.п1}$	$t_{нв.п}$	$t_{нв.п2}$	$t_{нв.п3}$	$t_{нв.р}$
	8	2	-13	-14	-27	-39
Суммарный расход тепловой энергии совокупностью потребителей при характерном значении температуры наружного воздуха, Q_{Σ} , Гкал/ч	248,84	335,84	532,777	546,222	723,386	881,568
Среднегодовые тепловые потери, приведенные к условиям, соответствующим каждому характерному значению температуры наружного воздуха, Гкал/ч	29,03	29,66	43,57	44,61	57,16	58,48
Доля тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети, $P_{тп}^{оц}$	0,0167	0,0883	0,0818	0,0817	0,0790	0,0663

2.1.5 Оценка среднего понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети за счет тепловых потерь и оценка температуры сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей.

Средние оценочные значения понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь при основных характерных значениях температуры наружного воздуха $\Delta t_{т.п}^{оц}$, °C, определяются по формуле:

$$\Delta t_{т.п}^{оц} = 0,7 \Delta t_{от.в}^p P_{т.п}^{оц} \cdot (q_x + \alpha_{\Sigma}) / Z^{оц} \quad (12)$$

где: $\Delta t_{от.в}^p$ – номинальный перепад температур сетевой воды в системе теплоснабжения для отопительно-вентиляционной нагрузки при расчетной температуре наружного воздуха (для температурного графика 150/70 °C со срезкой на 125 °C $\Delta t_{от.в}^p = 125 - 62,2 = 62,8$ °C).

Оценочные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей при каждом характерном значении температуры наружного воздуха $t_{л\Sigma}^{оц}$, °C, определяются по формуле:

$$t_{л\Sigma}^{оц} = t_{лст} - \Delta t_{т.п}^{оц}, \text{ °C}, \quad (13)$$

где: $t_{\text{лст}}$ – температура сетевой воды в подающем трубопроводе по эксплуатационному графику температур качественного регулирования, °С. Температуры сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Температуры сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей

Наименование показателя	Характерные температуры наружного воздуха $t_{\text{нв.х}}$, °С					
	$t_{\text{нв.о.}}$	$t_{\text{нв.п1}}$	$t_{\text{нв.п}}$	$t_{\text{нв.п2}}$	$t_{\text{нв.п3}}$	$t_{\text{нв.р}}$
	8	2	-13	-14	-27	-39
Температура сетевой воды в подающем трубопроводе по эксплуатационному графику температур качественного регулирования $t_{\text{лст}}$, °С	70	70	97,6	99,7	125	125
Оценочные значения понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь $\Delta t_{\text{т.п}}^{\text{от}}$, °С	1,36	1,38	2,0	2,05	2,74	2,66
Оценочные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей $t_{\text{лст}}^{\text{от}}$, °С	68,6	68,62	95,6	97,65	122,26	122,34

Расчет выполнен с учетом понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь в тепловых сетях.

2.1.6 Оценочная фактическая температура сетевой воды в обратной линии систем отопления совокупности потребителей

Значение температуры сетевой воды в обратной линии системы отопления $t_{2\text{от}}^{\Phi}$ необходимо для оценки доли водоразбора из обеих линий, при автоматизированном непосредственном водоразборе и для определения удельного расхода сетевой воды на ГВС при последовательной схеме включения подогревателей.

Оценочная температура сетевой воды в обратном трубопроводе определяется на основе качественного графика температур с учетом понижения температуры воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь.

Кроме того, учитывается повышение относительного и удельного расхода сетевой воды на системы отопления и вентиляции.

При понижении температуры наружного воздуха вследствие сокращения расхода сетевой воды на автоматизированные подогреватели систем ГВС и сокращения водоразбора из подающей линии при его увеличении из обратной растёт относительный расход сетевой воды на отопление и вентиляцию.

Приближенная оценка относительных расходов сетевой воды на автоматизированные системы отопления и вентиляции $Y_{отв}^{оц}$ при характерных значениях температуры наружного воздуха $t_{ни}$, $t_{нп}$ и $t_{нр}$ производится на основе соотношения нагрузок ГВС и отопления (раздел 3.3.1) по эмпирическим формулам, разработанным для систем теплоснабжения со средними показателями гидравлической устойчивости:

$$\text{при } t_{ни}: Y_{отв}^{оц} = 1 \quad (14)$$

$$\text{при } t_{нп}: Y_{отв}^{оц} = 1 + a_{за} + 0,4 \cdot (a_{оа} + a_{она}) \quad (15)$$

$$\text{при } t_{нр}: Y_{отв}^{оц} = 1 + 1,3 \cdot a_{за} + 0,7 \cdot (a_{оа} + a_{она}) \quad (16)$$

Все найденные значения $Y_{отв}^{оц}$ для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведены в таблице 11.

2.1.6.2 Коэффициент увеличения расхода сетевой воды («коэффициент выстывания») на непосредственно присоединенные системы отопления ($K_{от}$) постоянен в течение всего отопительного сезона и определяется в точке излома температурного графика по формуле:

$$K_{от} = \frac{2t_{1н} - (t_{3н} + t_{2н})}{2t_{1\Sigma}^{оц} - (t_{3н} + t_{2н})} \quad (17)$$

В данной формуле значения температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети $t_{1н}$ и воды до и после систем отопления $t_{3н}$ и $t_{2н}$ принимаются по качественному температурному графику в точке излома.

Для системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ в точке излома нормативного температурного графика, совпадающего с качественным графиком, значения температур составляют:

- сетевой воды в подающей линии ($t_{1и}$) – 70 °С;
- сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей ($t_{1\Sigma}^{оп}$) – 68,62 °С;
- воды до и после систем отопления ($t_{3и}, t_{2и}$) – 50,1 и 46,3 °С соответственно;

$$K_{от} = (2 * 70 - (50,1 + 46,3)) / (2 * 62,62 - (50,1 + 46,3)) = 1,0676.$$

2.1.6.3 Оценочная фактическая температура сетевой воды в обратной линии систем отопления совокупности потребителей $t_{2от.в.}^ф$, °С, определяется при характерных значениях температуры наружного воздуха по формуле:

$$t_{2ов}^{оп} = t_{1\Sigma}^{оп} - \frac{2(t_{1\Sigma}^{оп} - t_{н.х.})(t_{1к} - t_{2к})}{(t_{3к} + t_{2к} - 2t_{н.х.}) \cdot K_{от} \gamma_{ов}^{оп} + 2t_{1к} - (t_{3к} + t_{2к})} \quad (18)$$

где: $t_{1к}$, $t_{2к}$ и $t_{3к}$ - соответственно температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети и в обратной и подающей линиях систем отопления по графику качественного регулирования, °С.

Результаты расчетов оценочных фактических температур сетевой воды в обратной линии систем отопления совокупности потребителей сведены в таблицу 12.

2.1.6.4 Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды по видам тепловых нагрузок.

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию) $g_{ов}^{неп}$ (м³/Гкал) зависит от тепловых потерь в подающем трубопроводе тепловой сети и выше номинального, определяемого по расчетному перепаду температур $\Delta t_{ов}^p$ в системе теплоснабжения. Номинальный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию) $g_{ов}^{ном}$ (величина, обратная $\Delta t_{ов}^p$, с коэффициентом 10³) при эксплуатационном температурном графике качественного регулирования 150-70 °С составляет **12,5 м³/Гкал**.

Таблица 13 – Доли водоразбора из подающей и обратной линий в неавтоматизированных СГВ

	$t_{\text{но}} = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н.и}} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н.лр}} = -13\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н.лр}} = -27\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{нр}} = -39\text{ }^{\circ}\text{C}$
$g_{\text{В.н.п}}$	19,9	19,9	-	-	-
$g_{\text{В.н.о}}$	-	-	23,9	19	21,3

Среднегодовая температура холодной воды 8,4 °С (Книга 1).

Полученные удельные расходы сетевой воды на ГВС заложены при проведении гидравлического расчета тепловой сети при характерных температурах наружного воздуха. За базовый гидравлический режим принимался режим в точке излома температурного графика (Таблица 14).

Таблица 14 – Расходы сетевой воды в системе теплоснабжения

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, $t_{\text{нх}}, ^\circ\text{C}$	Расход сетевой воды в подающей линии, $G_{1\Sigma}, \text{м}^3/\text{ч}$	Расход сетевой воды в обратной линии, $G_{2\Sigma}, \text{м}^3/\text{ч}$	Неавтоматизированный водоразбор из подающей линии, $G_{\text{В.Н.П.}}, \text{м}^3/\text{ч}$	Неавтоматизированный водоразбор из обратной линии, $G_{\text{В.Н.О.}}, \text{м}^3/\text{ч}$	Относительный расход сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления, $Y_{\text{о.в}}$
Кузнецкая ТЭЦ	$t_{\text{н}} = +8$	7818	6723	1095		1
	$t_{\text{ни}} = 2$	11413	10317	1096		1
	$t_{\text{н}} = -13$	20377	19063		1315	1,047
	$t_{\text{н}} = -14$	20523	19236		1287	1,047
	$t_{\text{н}} = -27$	27840	26795		1045	1,083
	$t_{\text{нр}} = -39$	34175	33002		1173	1,083

3 Проведение гидравлического расчета системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Гидравлические расчеты системы теплоснабжения проводились с целью выявления расчетных расходов теплоносителя по подающей и обратной линиям системы теплоснабжения.

По результатам проведения гидравлических расчетов системы теплоснабжения при всех характерных температурах наружного воздуха определяются следующие параметры:

- расход сетевой воды по подающей линии системы теплоснабжения $G_{1\Sigma}=G_{1\text{с.т}}$;
- расход сетевой воды по обратной линии системы теплоснабжения $G_{2\Sigma}=G_{2\text{с.т}}$;
- расход сетевой воды на неавтоматизированный водоразбор из подающей линии в системе теплоснабжения $G_{\text{в.н.п}}$;
- относительный расход сетевой воды по системе теплоснабжения $U_{\text{о.в.}}$.

Гидравлические расчеты проводились для характерных температур наружного воздуха – $t_{\text{ни}} = +2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{н.пр}} = -13\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{нр}} = -39\text{ }^{\circ}\text{C}$,

Относительный расход сетевой воды на неавтоматизированные системы теплопотребления при $t_{\text{ни}}$ равен единице и поэтому из гидравлического расчета **не определяется**. Его величина при $t_{\text{н}} = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ также практически равна единице.

Расходы сетевой воды, полученные в результате гидравлических расчетов, являются нормативными на протяжении всего отопительного сезона.

Нормативные расходы сетевой воды при характерных температурах наружного воздуха $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ определены с учетом снижения расходов сетевой воды горячего водоснабжения из подающей линии при понижении температуры наружного воздуха и водоразбора из обратной линии и в связи с этим увеличения расходов сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления (вентиляции).

Расход сетевой воды по подающей линии системы теплоснабжения, полученный в результате ее гидравлического расчета при характерной температуре наружного воздуха $t_{\text{ни}}$, необходим для проверки правильности оценочного значения

среднего падения температуры сетевой воды в подающей линии сети при $t_{\text{ни}}$ за счет тепловых потерь – $(\Delta t_{\text{Т.П.1}}^{\text{ОЦ}})_{\text{и}}$.

При этом найденные в результате гидравлических расчетов расходы сетевой воды по подающей линии при всех характерных температурах наружного воздуха определяют значения нормативных разностей температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей, а расходы сетевой воды по обеим линиям – значения нормативных разностей температур сетевой воды в подающей и обратной линиях системы теплоснабжения.

Относительные расходы сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления и вентиляции, полученные как результат проведенных гидравлических расчетов, необходимы для определения фактического теплопотребления этих систем на протяжении отопительного сезона.

Проведенный гидравлический расчет системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ, приведен в таблице 14 и на рисунке 2.

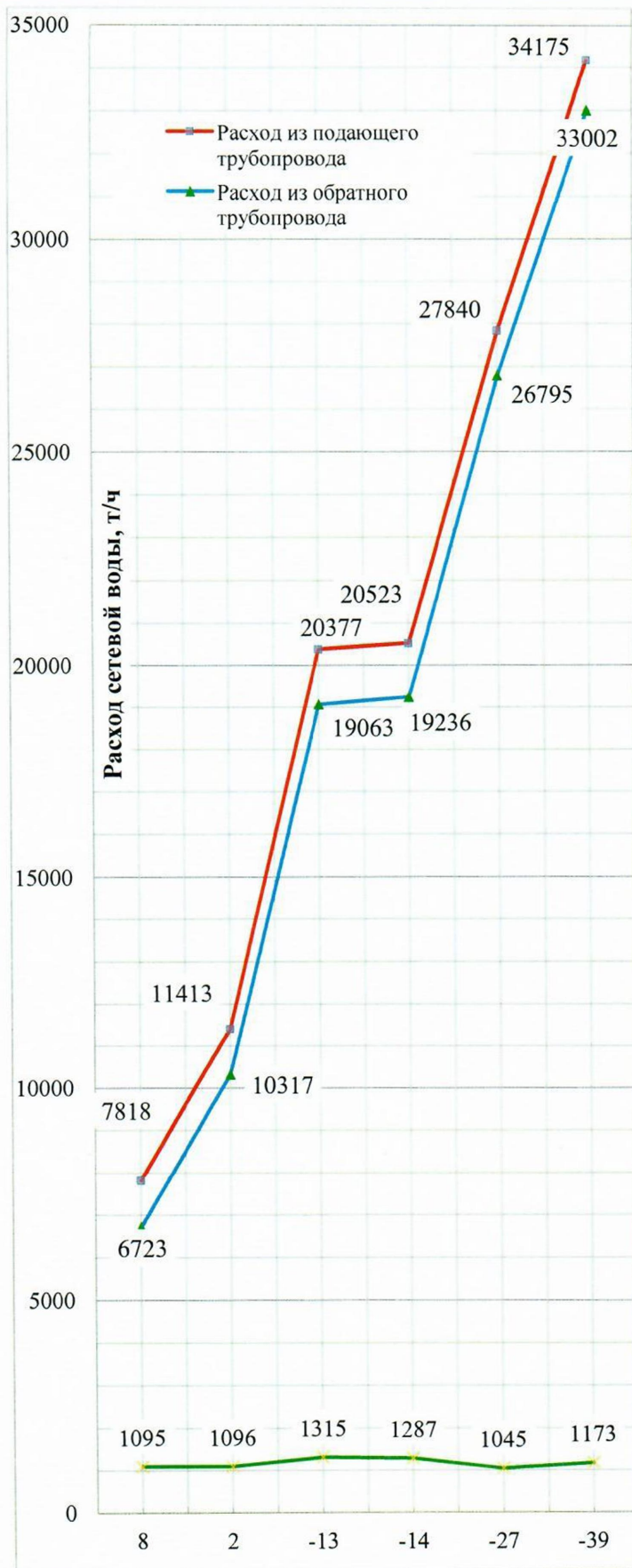


Рисунок 2 – Нормативный расход сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения, $G^{(КТЭЦ)}$

4 Определение отпуска тепловой энергии в системе теплоснабжения

При расчете энергетической характеристики предусматривается, что отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения обеспечивает следующие тепловые нагрузки, Гкал/ч:

- расход тепловой энергии на системы отопления и вентиляции при непосредственной и независимой схемах их присоединения $\Sigma(Q_{ов})_{неп}$ и $\Sigma(Q_{ов})_{нез}$;
- средненедельный расход тепловой энергии на подогревательные установки ГВС, включающий в себя и расход тепловой энергии на циркуляцию воды в присоединенных системах ГВС, $\Sigma(Q_{ГВС}^{ср.н})_{вп}$ и $\Sigma(Q_{ц}^p)_{вп}$;
- средненедельный расход тепловой энергии на непосредственный водоразбор, включающий в себя и расход тепловой энергии на циркуляцию воды в системах ГВС, $\Sigma(Q_{ГВС}^{ср.н})_{вр}$ и $\Sigma(Q_{ц}^p)_{вр}$;
- тепловые потери трубопроводов тепловой сети через теплоизоляционную конструкцию и с потерями сетевой воды в системе теплоснабжения $Q_{т.п}$ и $Q_{псв}$.

Определение относительного расхода тепловой энергии на отопление при непосредственной схеме его присоединения.

Фактическое теплопотребление систем отопления (вентиляции) при характерных значениях температуры наружного воздуха и относительных расходах сетевой воды, полученных в результате гидравлических расчетов, $\Sigma Q_{ф.ов}$, рассчитывалось по формуле, Гкал/час:

$$\Sigma Q_{ф.ов} = X q_x \Sigma Q_{р.ов} \quad (22)$$

где: X - относительный расход тепловой энергии.

Ввиду незначительной доли отопительной нагрузки, подключенной по независимой схеме, относительный расход тепловой энергии на отопление определялся так же, как при непосредственной схеме его присоединения.

Относительный расход тепловой энергии при непосредственном присоединении систем отопления (вентиляции) рассчитывался для характерных значений температуры наружного воздуха.

При непосредственном присоединении систем отопления относительный расход тепловой энергии при отклонениях от качественного режима регулирования $X_{НЕП}$.

Для каждого значения температуры наружного воздуха находится по формуле:

$$X_{НЕП} = \frac{2(t_{1\Sigma}^{OЦ} - t_{НВ.X})}{t_{3K} + t_{2K} - 2t_{НВ.X} + \frac{2t_{1K} - (t_{3K} + t_{2K})}{K_{OT} \cdot Y_{OT.B}}}, \quad (23)$$

где: $t_{1\Sigma}^{OЦ}$ - оценочное значение температуры сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей, учитывающее понижение ее из-за тепловых потерь трубопроводами тепловой сети, °С (таблица 12);

$t_{НВ.X}$ - характерная температура наружного воздуха, °С;

t_{1K} , t_{2K} и t_{3K} - температура сетевой воды в подающей линии тепловой сети, в подающей линии систем отопления и в их обратной линии по качественному графику температур при данной характерной температуре наружного воздуха, °С;

K_{OT} - коэффициент увеличения расхода сетевой воды на непосредственно присоединенные системы отопления, обусловленный понижением температуры сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей за счет тепловых потерь трубопроводами тепловой сети;

$Y_{OT.B}$ - средний по совокупности потребителей (по системе теплоснабжения) относительный расход сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления при данном характерном значении температуры наружного воздуха, найденном по результатам гидравлического расчета систем теплоснабжения при этой температуре наружного воздуха (таблица 12).

Определение относительного расхода тепловой энергии при непосредственном присоединении систем отопления (вентиляции) выполняется для четырёх характерных значениях температуры наружного воздуха.

Результаты расчета значений $X_{НЕП}$ для системы теплоснабжения вместе с принятыми исходными данными приведены в таблице 15.

Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение при средненедельной его нагрузке принимается по данным таблицы 1 настоящего отчёта. Значения нагрузок горячего водоснабжения входят в общее теплопотребление с коэффициентом 1,1.

Расход тепловой энергии совокупностью потребителей в системе теплоснабжения при всех характерных значениях температуры наружного воздуха складывается из расхода тепловой энергии на отопление (вентиляцию), средненедельной нагрузки ГВС (с коэффициентом 1,1) и расхода тепловой энергии на циркуляцию в системах ГВС.

Расход тепловой энергии совокупностью потребителей Q_{Σ} , (Гкал/ч) определяется по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \Sigma Q_{\text{ф.ов}} + 1,1 \Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вп}} + \Sigma (Q_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вп}} + 1,1 \Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр}} + \Sigma (Q_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вр}}. \quad (24)$$

Данная величина представлена в таблице 16.

Таблица 15 – Относительный расход тепловой энергии на непосредственно присоединенные системы отопления (вентиляции)

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, $t_{нх}$, °С	Температура сетевой воды в подающей линии совокупности потребителей, $t_{1Σ}^{ОЦ}$, °С	Температуры сетевой воды по качественному графику, °С			Относительный расход сетевой воды на отопление, $У_{о.в}$	Относительный расход тепловой энергии на отопление при непосредственной схеме его присоединения, $Х_{неп}$
			$t_{1к}$	$t_{2к}$	$t_{3к}$		
Кузнецкая ТЭЦ	$t_{н} = +8$	68,6	53,3	37	40	1,00	1,367
	$t_{ни} = 2$	68,62	67	42,6	48	1,00	1,627
	$t_{н.пр} = -13$	95,6	98,9	54,2	66,3	1,04728	1,449
	$t_{н.пр} = -27$	122,26	126,9	63,2	82,1	1,08274	1,373
	$t_{нр} = -39$	122,34	150,0	70,0	95,0	1,08274	1,337

Таблица 16 – Теплопотребление, тепловые потери и отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, $t_{нх}$, °С	Фактический расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, $\Sigma Q_{о.в}^Ф$, Гкал/ч	Среднедневной расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, $1,1 \Sigma (Q_{г.н}^{ср.н})_{в.н} + Q_{ц}^p$, Гкал/ч	Расход тепловой энергии совокупностью потребителей, Q_{Σ} , Гкал/ч	Тепловые потери в системе теплоснабжения, Гкал/ч		Отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения от источников теплоты, $Q_{ст}$, Гкал/ч
					через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети, $Q_{т.п}^{ОЦ}$	с нормативной утечкой сетевой воды в системе теплоснабжения, $Q_{ут}^{ОЦ}$	
Кузнецкая ТЭЦ	$t_{н} = +8$	160,863	97,930	248,84	24,2	4,9	277,94
	$t_{ни} = 2$	268,105		335,84	24,6	5,0	365,44
	$t_{н.пр} = -13$	482,589		532,777	35,9	7,6	579,377
	$t_{н.пр} = -27$	630,047		723,386	47,0	10,2	780,586
	$t_{нр} = -39$	790,910		881,568	47,9	10,6	940,068

Тепловые потери с потерями сетевой воды $\Sigma Q_{\text{псв}}$ (Гкал/ч) определяются для системы теплоснабжения в целом исходя из результатов разработки энергетических характеристик тепловых сетей по показателям «**потери сетевой воды**» и «**тепловые потери**».

Значения тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети и тепловых потерь с нормативной утечкой в системе теплоснабжения при характерных температурах наружного воздуха приведены в таблице 8.

В таблице 16 приводятся значения отпуска тепловой энергии в системе теплоснабжения:

$$Q_{\text{с.т}} = Q_{\Sigma} + Q_{\text{т.п}}^{\text{оц}} + Q_{\text{ут}}^{\text{оц}}, \text{ Гкал/ч.} \quad (25)$$

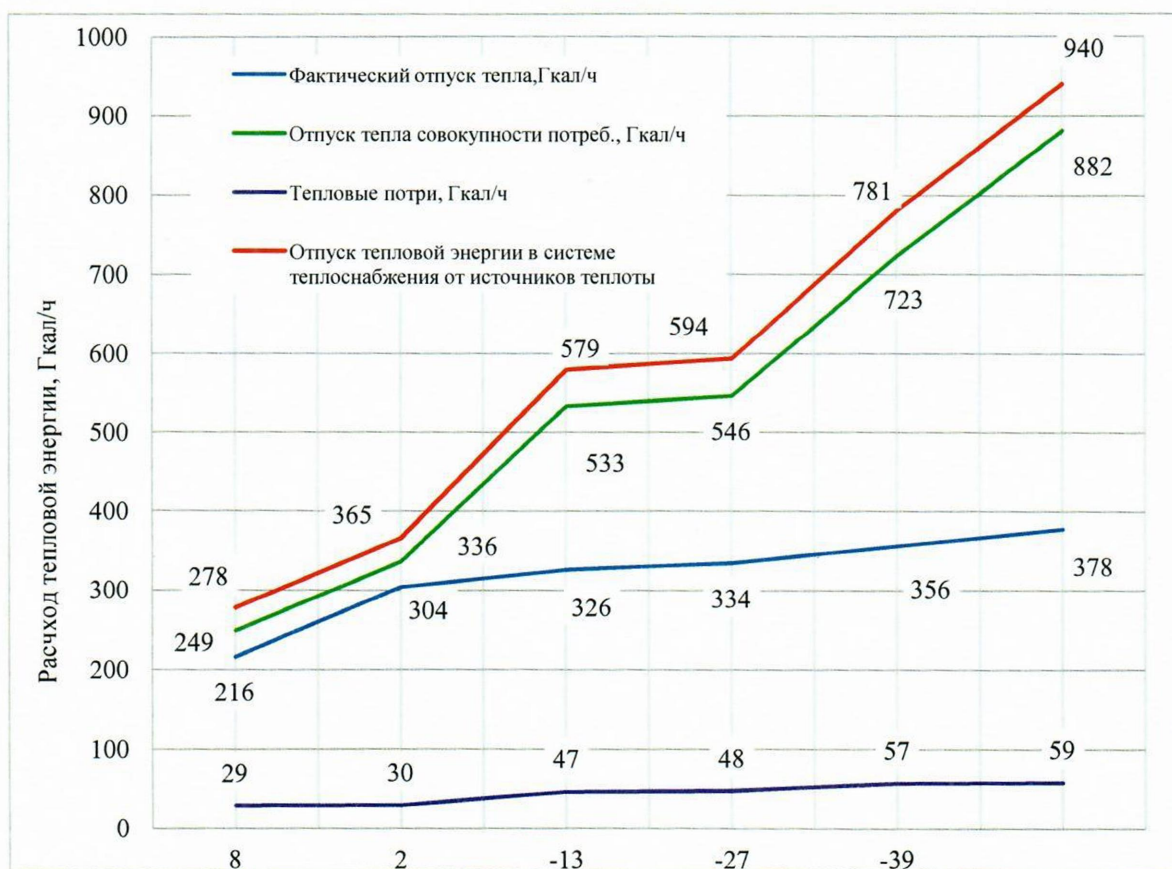


Рисунок 4 – Расход и потери тепловой энергии, Q, Гкал/ч

5 Проверка правильности оценки падения температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети

Правильность определенного в подразделе 4 оценочного значения падения температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети в точке излома температурного графика $(\Delta t_{Т.П.1}^{ОЦ})_И$ определяется путем сопоставления его с окончательным значением этого падения при $t_{ни}$, находимого по приближенной формуле:

$$\Delta t_{Т.П.1}^{ОК} = \frac{700 \cdot Q_{Т.П.1}^{ОЦ}}{G_{1\Sigma}}, \quad (26)$$

где: $Q_{Т.П.1}^{ОЦ}$ принимается по таблице 8 при температуре наружного воздуха в точке излома, $t_{ни}$;

$G_{1\Sigma}$ принимается по таблице 14 при той же температуре наружного воздуха.

Точное значение $\Delta t_{Т.П.1}^{ОК}$ в точке излома температурного графика составляет 1,271 °С. Значение $\Delta t_{Т.П.1}^{ОК}$ равно:

$$\Delta t_{Т.П.1}^{ОК} = \frac{700 \cdot 29,61}{11413} = 1,815 \text{ °С}, |1,815 - 1,38| \leq 1 \text{ °С}$$

Если в точке излома температурного графика $t_{ни}$ оказывается $|\Delta t_{Т.П.1}^{ОК} - \Delta t_{Т.П.1}^{ОЦ}| \leq 1 \text{ °С}$, то все найденные на этапе оценки значения показателей режима совокупности потребителей и системы теплоснабжения в целом являются нормативными, и следует переходить к определению удельного расхода сетевой воды на отпуск тепловой энергии в подающей линии тепловой сети.

Таким образом, использованные в расчетах значения $\Delta t_{Т.П.1}^{ОЦ}$ не подлежат корректировке, проведенные расчеты являются правильными, найденные значения показателей режима совокупности потребителей являются нормативными и появляется возможность непосредственно перейти к определению значений нормативного удельного расхода сетевой воды в подающей линии тепловой сети.

6 Определение нормативного удельного расхода сетевой воды в подающей линии систем теплоснабжения

Нормативные значения удельных среднечасовых расходов сетевой воды в подающей линии тепловой сети на отпуск тепловой энергии при характерных температурах наружного воздуха определяются в системе теплоснабжения по формуле:

$$g_{\text{С.Т}}^{\text{Н}} = \frac{G_{1\Sigma} \cdot \gamma_1}{Q_{\text{С.Т}} \cdot 10^3}, \text{ Т/Гкал}, \quad (27)$$

где: $G_{1\Sigma}$ – расход сетевой воды по подающей линии тепловой сети, $\text{м}^3/\text{ч}$, (таблица 14) который принимается нормативным ($G_{1\Sigma}^{\text{Н}}$);

$Q_{\text{С.Т}}$ – отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения, $\text{Гкал}/\text{ч}$, (таблица 16), который принимается нормативным ($Q_{\text{С.Т}}^{\text{Н}}$);

γ_1 – плотность сетевой воды в подающей линии тепловой сети системы теплоснабжения, $\text{кг}/\text{м}^3$; принимается по температурам сетевой воды по нормативному температурному графику.

Данные последнего столбца таблицы 17 являются нормативной режимной характеристикой примерной системы теплоснабжения по показателю «**удельный расход сетевой воды в системе теплоснабжения**».

Эти данные иллюстрируются графиком, представленным на рисунке 5.

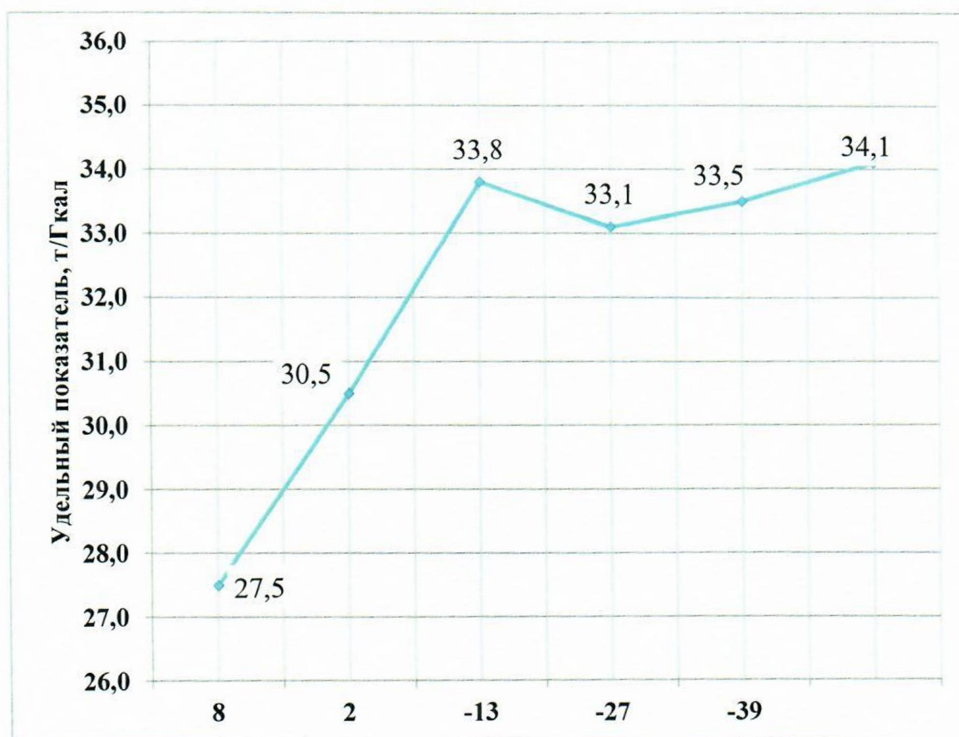


Рисунок 5 –
Нормативный удельный
расход сетевой воды g^{ct}_n
(на единицу
отпущенной тепловой
энергии Q^{ct}_H) в
подающей линии
тепловой сети

Таблица 17 – Нормативные удельные расходы сетевой воды в системе теплоснабжения КТЭЦ

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, $t_{\text{нх}}$, °С	Нормативный расход сетевой воды в подающей линии тепловой сети, $G_{\text{л.с.}}^{\text{н}}$, м ³ /ч	Нормативный отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения, $Q_{\text{с.т.}}^{\text{н}}$, Гкал/ч	Температура сетевой воды в подающей линии по нормативному графику, $t_{\text{л.с.т.}}^{\text{н}}$, °С	Плотность сетевой воды в подающей линии, γ_1 , кг/м ³	Нормативное значение удельного расхода сетевой воды в подающей линии тепловой сети, $g_{\text{с.т.}}^{\text{н}}$, Т/Гкал
Кузнецкая ТЭЦ	$t_{\text{н}} = +8$	7818	277,94	70	977,7	27,5
	$t_{\text{ни}} = 2$	11413	365,44	70	977,7	30,5
	$t_{\text{н.пр}} = -13$	20377	579,377	97,6	959,9	33,8
	$t_{\text{н.пр}} = -27$	27840	780,586	125	938,8	33,5
	$t_{\text{нр}} = -39$	34175	940,068	125	938,8	34,1

7 Энергетическая характеристика по показателю «Разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах»

7.1 Общие положения

Энергетическая характеристика по показателю «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах системы теплоснабжения или температура сетевой воды в обратных трубопроводах системы теплоснабжения» (далее для краткости - «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах») разрабатывается согласно [1] для анализа режимов работы тепловых сетей с целью повышения уровня эксплуатации и эффективности системы теплоснабжения.

Энергетическая характеристика системы теплоснабжения по показателю «разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» является режимной характеристикой тепловых сетей.

Расчётная разность температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения $\Delta t_{\text{ст}}^{\text{н}}$ представляет собой зависимость суммы расчётной разности температур сетевой воды совокупности потребителей $\Delta t_{\Sigma}^{\text{н}}$ и расчётного среднего понижения температуры сетевой за счёт тепловых потерь через их теплоизоляционные конструкции от температуры наружного воздуха в течение отопительного сезона $\Delta t_{\text{тп}}^{\text{н}}$.

Расчётная разность температур сетевой воды совокупности потребителей $\Delta t_{\Sigma}^{\text{н}}$ - усредненная по всем потребителям разность температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при данной температуре наружного воздуха, соответствующая расчётному расходу и температуре сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей, их расчётному теплopotреблению и реальным характеристикам тепловых пунктов (ТП) и систем теплopotребления.

Расчётная температура сетевой воды в обратном трубопроводе системы теплоснабжения $\Delta t_{2\text{ст}}^{\text{н}}$ представляет собой зависимость разности расчётной среднесуточной температуры сетевой воды в обратных трубопроводах совокупности потребителей и расчётного среднего понижения температуры сетевой воды в обратных трубопроводах системы теплоснабжения за счёт тепловых потерь через их теплоизоляционные конструкции от температуры наружного воздуха.

Данная энергетическая характеристика системы теплоснабжения определяется на выводах трубопроводов тепловой сети от источника тепловой энергии.

7.2 Расчётное значение понижения температуры сетевой воды в тепловой сети за счет тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов

Средние значения понижения температуры сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах тепловой сети за счет тепловых потерь при характерных значениях температуры наружного воздуха $\Delta t_{\text{тп1}}^H$, $\Delta t_{\text{тп2}}^H$ ($^{\circ}\text{C}$) определяются по приближенным формулам:

$$\Delta t_{\text{тп1}}^H = \frac{700 \cdot Q_{\text{тп}}^H}{G_{1\Sigma}^H}, ^{\circ}\text{C}, \quad (28)$$

$$\Delta t_{\text{тп2}}^H = \frac{300 \cdot Q_{\text{тп}}^H}{G_{2\Sigma}^H}, ^{\circ}\text{C}, \quad (29)$$

где: $Q_{\text{тп}}^H$ – потери тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов тепловой сети, (Гкал/ч);

$G_{1\Sigma}^H$ и $G_{2\Sigma}^H$ – нормируемые расходы сетевой воды соответственно в подающих и обратных трубопроводах, ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Значения потерь тепловой энергии в тепловой сети через теплоизоляционные конструкции трубопроводов $Q_{\text{тп}}^H$ (Гкал/ч) принимаются по таблице 8. Расчётные расходы сетевой воды трубопроводах $G_{1\Sigma}^H$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) принимаются по таблице 14.

Величины $\Delta t_{\text{тп1}}^H$ и $\Delta t_{\text{тп2}}^H$ приведены в таблице 18. В ней же повторены исходные данные для определения падения температур сетевой воды и даны для сравнения средние падения температур сетевой воды в подающей линии тепловой сети за счет тепловых потерь, найденные на этапе оценки.

7.3 Определение нормируемой разности температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах совокупности потребителей

Расчётная разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах совокупности потребителей Δt_{Σ}^H ($^{\circ}\text{C}$) определяется по формуле:

$$\Delta t_{\Sigma}^H = \frac{Q_{\text{пп}}^H \cdot 10^6}{c_{\gamma 1} G_{\text{пп}}^H}, \quad (30)$$

где: $Q_{\text{пр}}^{\text{н}}$ – нормируемый расход тепловой энергии, который принимается системами теплоснабжения (потребителями) на отопление, вентиляцию и ГВС по закрытой схеме, Гкал/ч;

$G_{\text{пр}}^{\text{н}}$ – нормируемый расход сетевой воды, поступающей без потерь из подающих трубопроводов в обратные через совокупность систем теплоснабжения, соответствующий нормируемому расходу тепловой энергии $Q_{\text{пр}}^{\text{н}}$, м³/ч;

γ_1 – плотность сетевой воды в подающих трубопроводах при значениях температуры, соответствующих характерным значениям температуры наружного воздуха, кг/м³;

c – удельная теплоемкость воды, ккал/кг*°С, принимаемая в практических расчетах равной 1 ккал/(кг*°С).

Нормируемый расход сетевой воды $G_{\text{потр}}^{\text{н}}$ (м³/ч) определяется при всех характерных значениях температуры наружного воздуха по формуле:

$$G_{\text{потр}}^{\text{н}} = G_{1\Sigma}^{\text{н}} - G_{\text{вр.а.п}} - G_{\text{вр.на.п}} + p_{\text{о.а}} (G_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вр.а}}, \quad (31)$$

где: $G_{1\Sigma}^{\text{н}}$ – нормируемый расход сетевой воды по подающим трубопроводам, м³/ч;

$G_{\text{вр.а.п}} = 0$ – автоматизированный водоразбор из подающих трубопроводов у совокупности потребителей, м³/ч;

$G_{\text{вр.на.п}}$ – неавтоматизированный водоразбор из подающих трубопроводов у совокупности потребителей, м³/ч;

$p_{\text{о.а}} (G_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вр.а}} = 0$ – расход воды из обратных трубопроводов на циркуляцию в системах ГВС с автоматизированным непосредственным водоразбором, м³/ч.

Величины $G_{\text{вр.а.п}}$, $G_{\text{вр.на.п}}$ и $p_{\text{о.а}} (G_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вр.а}}$ определяются по следующим формулам:

$$G_{\text{вр.а.п}} = p_{\text{п.а}} g_{\text{вр.а}}^{\text{р}} \cdot 1,1 \cdot \left[\Sigma(Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.а}} + \Sigma(Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.а.ц}} \right]; \quad (32)$$

$$G_{\text{вр.на.п}} = g_{\text{вр.на.п}} \cdot 1,1 \cdot \left[\Sigma(Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.на}} + \Sigma(Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.на.ц}} \right]; \quad (33)$$

Таблица 18 – Падение температуры сетевой воды в тепловой сети системы теплоснабжения за счет тепловых потерь.

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, t_{HX} , °C	Исходные данные для определения падений температуры сетевой воды			Падение температуры сетевой воды в подающей линии, найденное на этапе оценки, $\Delta t_{T.П.1}^{OC}$, °C	Нормативные значения падения температур сетевой воды за счет тепловых потерь, °C		
		Потери тепловой энергии в тепловой сети, $Q_{T.П.}^H$, Гкал/ч	Нормативный расход сетевой воды, $M^3/ч$			в подающей линии, $\Delta t_{T.П.1}^H$	в обратной линии, $\Delta t_{T.П.2}^H$	в подающей и обратной линиях тепловой сети, $\Delta t_{T.П.}^H$
			по подающей линии, $G_{1\Sigma}^H$	по обратной линии, $G_{2\Sigma}^H$				
Кузнецкая ТЭЦ	$t_H = +8$	29,1	7818	6723	1,36	2,606	1,299	3,905
	$t_{HI} = +2$	29,6	11413	10317	1,38	1,815	0,861	2,676
	$t_{H.ПР} = -13$	43,5	20377	19063	2,00	1,601	0,733	2,334
	$t_{H.ПР} = -27$	57,2	27840	26795	2,74	1,438	0,640	2,078
	$t_{HP} = -39$	58,5	34175	33002	2,66	1,198	0,532	1,730

$$t_{\text{н}} = +8 \quad G_{\text{вр.на.п}} = 19,9 * 1,1 * (72,916 + 16,998) = 1965$$

$$t_{\text{ни}} = +2 \quad G_{\text{вр.на.п}} = 19,9 * 1,1 * (72,916 + 16,998) = 1966$$

$$t_{\text{н.пр}} = -13 \quad G_{\text{вр.на.п}} = 23,9 * 1,1 * (72,916 + 16,998) = 2359$$

$$t_{\text{н.пр}} = -27 \quad G_{\text{вр.на.п}} = 19,0 * 1,1 * (72,916 + 16,998) = 1975$$

$$t_{\text{нр}} = -39 \quad G_{\text{вр.на.п}} = 21,3 * 1,1 * (72,916 + 16,998) = 2104$$

$$p_{o.a} (G_{\text{ц}}^p)_{\text{вр.а}} = p_{o.a} K_{\text{ц.а}} g_{\text{вр.а}}^p 1,1 \Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.а.ц}}, \quad (34)$$

где: $\Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.а.ц}} = 0$, $\Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.на.ц}} = 0,945 \text{ Гкал/ч}$, $\Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.а}} = 0$ и $\Sigma (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр.на}} = 4,723 \text{ Гкал/ч}$ - суммы средненедельных тепловых нагрузок автоматизированных и неавтоматизированных систем ГВС при непосредственном водоразборе при наличии и отсутствии циркуляции воды в них, Гкал/ч;

$g_{\text{вр.а}}^p$ - расчетный, эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС в автоматизированных системах ГВС с непосредственным водоразбором, $\text{м}^3/\text{Гкал}$;

$g_{\text{вр.на.п}}$ - эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС при водоразборе только из подающих трубопроводов в неавтоматизированных системах ГВС, $\text{м}^3/\text{Гкал}$; определяется из таблицы 13;

$K_{\text{ц.а}}$ - отношение расхода сетевой воды на системы циркуляции воды в автоматизированных системах ГВС к средненедельному расходу воды на ГВС при непосредственном водоразборе; в практических расчетах рекомендуется принимать равным 0,8;

$p_{\text{п.а}}$ и $p_{o.a}$ - доли водоразбора из подающих и обратных трубопроводов тепловой сети в автоматизированных системах ГВС с непосредственным водоразбором;

$$p_{\text{п.а}} = \frac{t_{\text{ГВС}}^p - t_{2o.B}^{\Phi}}{t_{1\Sigma}^{\text{оц}} - t_{2o.B}^{\Phi}};$$

$p_{o.a} = 1 - p_{\text{п.а}} = 1 - 0 = 1$ - при любом характерном значении температуры наружного воздуха.

Нормируемый расход сетевой воды по подающим трубопроводам, неавтоматизированный водоразбор из подающих трубопроводов у совокупности потребителей представлены в таблице 19.

Исходные данные для определения расчётной разности температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей Δt_{Σ}^H и результаты расчетов ее при характерных значениях температуры наружного воздуха приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Нормируемый расход сетевой воды по подающим трубопроводам, неавтоматизированный водоразбор из подающих трубопроводов у совокупности потребителей

Характерная температура наружного воздуха $t_{нх}$, °С	$G_{вр.а.п.}$, м ³ /ч	Нормативный расход сетевой воды по подающей линии, $G_{л.с}^H$, м ³ /ч	$\Sigma(Q_{ГВС}^{ср.н})_{ва.а.}$, Гкал/ч	$(Q_{ГВС}^{ср.н})_{вр.на.ц.}$, Гкал/ч	$g_{вр.ва.п.}$, м ³ /Гкал	$G_{вр.на.п.}$, м ³ /ч	Нормируемый расход тепловой энергии, который принимается системами теплоснабжения (потребителями) на отопление, вентиляцию и ГВС по закрытой схеме, $Q_{пр}^H$, Гкал/ч	Нормативный расход сетевой воды, поступающий без потерь из подающих трубопроводов в обратные через совокупность систем потребления, соответствующий $G_{потр}^H$, м ³ /ч	Нормативная разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей Δt_{Σ}^H , °С
$t_{н} = +8$	0	7818	72,916	16,998	19,91	1965	19,268	5853	3,37
$t_{ни} = +2$	0	11413	72,916	16,998	19,92	1966	32,116	9447	3,48
$t_{н.пр} = -13$	0	20377	72,916	16,998	23,9	2359	57,803	18018	3,34
$t_{н.пр} = -27$	0	27840	72,916	16,998	19	1875	75,465	25965	3,10
$t_{нр} = -39$	0	34175	72,916	16,998	21,32	2104	94,733	32071	3,15

8 Определение нормируемой разности температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах и нормируемой температуры сетевой воды в обратных трубопроводах системы теплоснабжения

Расчётная разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах системы теплоснабжения определяется исходя из нормируемых значений понижения температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах тепловой сети за счет тепловых потерь.

Расчётная разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах системы теплоснабжения $\Delta t_{\text{С.Т.}}^H$ (°C) определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{С.Т.}}^H = \Delta t_{\Sigma}^H + \Delta t_{\text{Т.П.}}^H, \quad (35)$$

где: Δt_{Σ}^H – расчётная разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах совокупности потребителей, °C;

$\Delta t_{\text{Т.П.}}^H$ – расчётное среднее значение понижения температуры сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах тепловой сети за счет тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов, °C.

Расчётная температура сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения находится по формуле:

$$t_{2\text{С.Т.}}^H = t_{1\text{С.Т.}}^H - \Delta t_{\text{С.Т.}}^H \quad (36)$$

Для системы теплоснабжения от КТЭЦ значения Δt_{Σ}^H приведены в таблице 20, а значения $\Delta t_{\text{Т.П.}}^H$ – в таблице 18.

Результаты расчета расчётной разности температур сетевой воды в подающей и обратной линиях системы теплоснабжения и расчётной температуры сетевой воды в ее обратной линии приведены в таблице 20.

Температура сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения определялась на основе нормативных температур сетевой воды в подающей линии и нормативных разностей температур сетевой воды в подающей и обратной линиях системы теплоснабжения.

Таблица 20 – Нормативные температуры сетевой воды в системе теплоснабжения

Система теплоснабжения	Характерная температура наружного воздуха, $t_{нх}$, °C	Нормативная разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей, Δt_2^H , °C	Нормативное значение падения температур сетевой воды в подающей и обратной линиях за счет тепловых потерь, $\Delta t_{T.П.}^H$, °C	Нормативная температура сетевой воды в подающей линии системы теплоснабжения, $t_{1 C.T.}^H$, °C	Нормативная разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях системы теплоснабжения, $\Delta t_{C.T.}^H$, °C	Нормативная температура сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения, $t_{2 C.T.}^H$, °C
КТЭЦ	$t_H = +8$	3,37	3,905	68,6	7,27	61,33
	$t_{HI} = +2$	3,48	2,676	68,6	6,15	62,45
	$t_{H.ПР} = -13$	3,34	2,334	95,6	5,68	89,92
	$t_{H.ПР} = -27$	3,10	2,078	122,3	5,17	117,13
	$t_{HP} = -39$	3,15	1,730	122,3	4,88	117,42

Нормативные значения указанных температур сетевой воды для систем теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведены в таблице 20. Данные двух последних столбцов таблицы 20 являются нормативной режимной характеристикой системы теплоснабжения КТЭЦ по показателям «Разность температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах в системе теплоснабжения» и «Температура сетевой воды в обратном трубопроводе системы теплоснабжения».

Эти данные иллюстрируются графиками, представленными на рисунке 6 и 7.

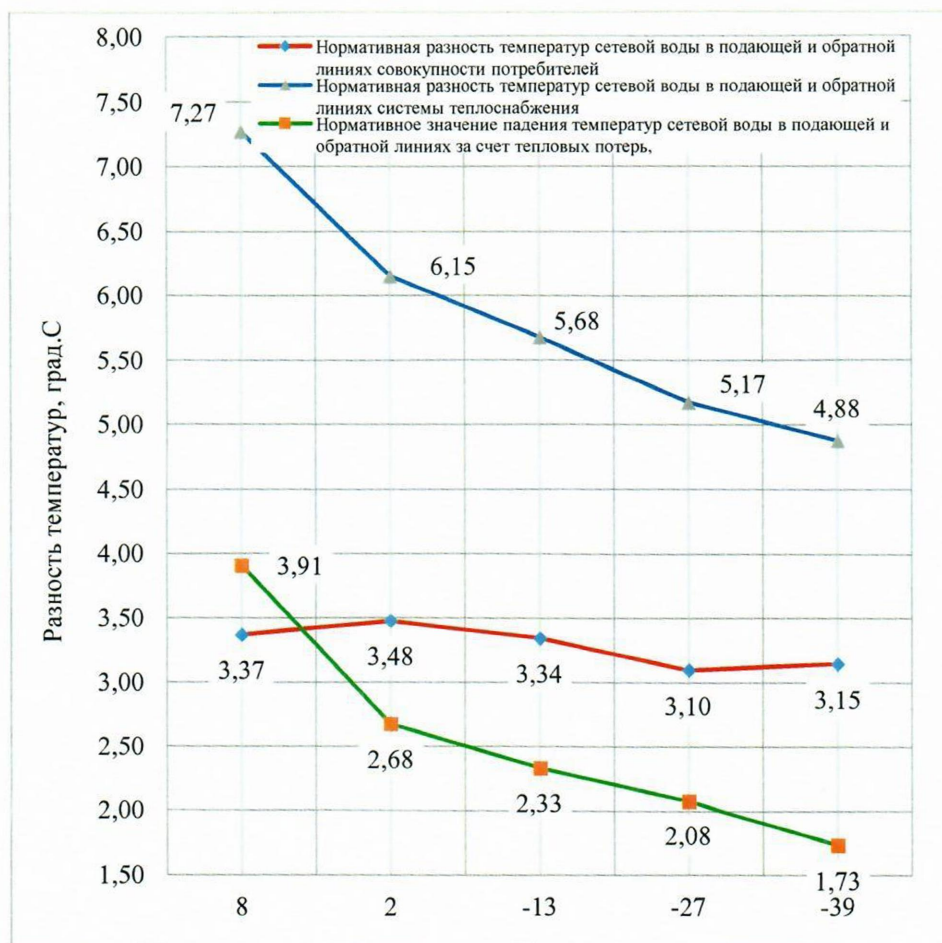


Рисунок 6 — Нормативная разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях $\Delta t_{\text{ст}}^{\text{н}}$; нормативная температура сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения $t_{2\text{ст}}^{\text{н}}$, нормативная разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах совокупности потребителей $\Delta t_{\Sigma}^{\text{н}}$

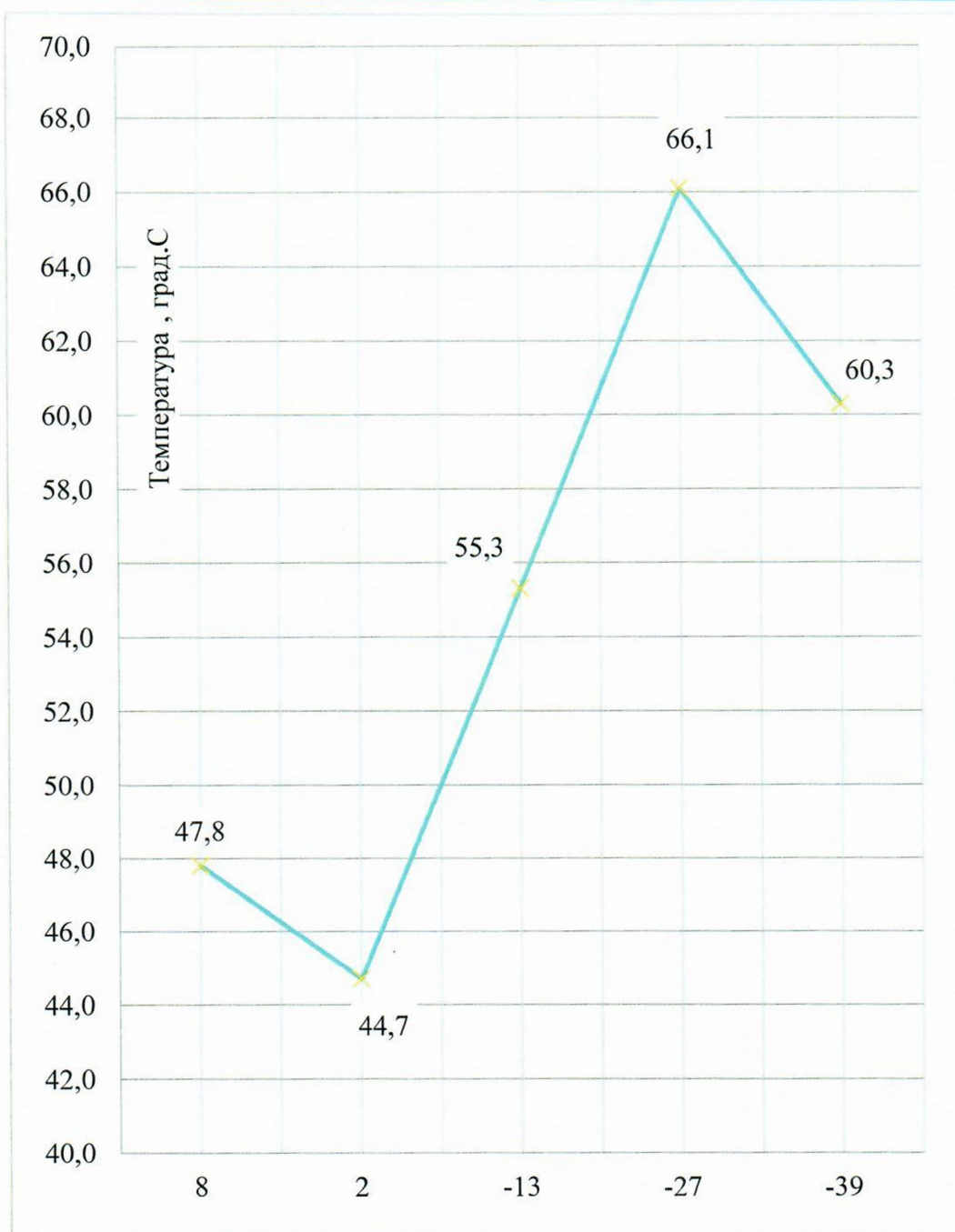


Рисунок 7 – Нормативная температура сетевой воды в обратной линии системы теплоснабжения

9 Расчет удельного расхода электроэнергии на транспорт и распределение тепловой энергии

В системе транспорта тепловой энергии Кузнецкой ТЭЦ г. Новокузнецка работают 3 ПНС. Состав оборудования ПНС системы транспорта и распределения тепла города, приведен в приложении 6.

9.1 Нормируемая мощность электродвигателей насосов

Нормируемая мощность электродвигателя, затрачиваемая на привод насоса в ЦТП ($N_{\text{нас}}$), определяется для характерных температур наружного воздуха по формуле:

$$W_{\text{нпс}}^{\text{н}} = \frac{V \rho H 10^{-3}}{367 \eta_{\text{н}} \eta_{\text{э}}}, \quad (37)$$

где: V - часовой объемный расход сетевой воды через насос, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ρ - плотность сетевой воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

H - напор насоса при расходе воды V , м;

$\eta_{\text{н}}$ - коэффициент полезного действия насоса при расходе воды V ;

$\eta_{\text{э}}$ - коэффициент полезного действия электродвигателя.

Напор и КПД насосов при расходе воды V определены по заводским характеристикам. Собственные нужды энергоемких ЦТП приняты в размере 1,5 % мощности электродвигателей рабочих насосов.

Значения нормируемой мощности каждого ПНС ($N_{\text{н}}$), кВт, определены суммированием мощностей всех работающих насосов для каждой характерной температуры наружного воздуха. Расчет нормируемой мощности центральных тепловых пунктов (насосных станций) системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведен в приложении 6.

9.2 Удельный расход электроэнергии на транспортировку тепла

Удельный расход электроэнергии при каждом характерном значении температуры наружного воздуха ($\mathcal{E}_{\text{н}}$), определяется по формуле, $(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{Гкал}$:

$$\Xi_{\text{ст}}^{\text{н}} = \frac{W_{\text{т.с}}^{\text{н}}}{Q_{\text{ст}}^{\text{н}}}, \quad (38)$$

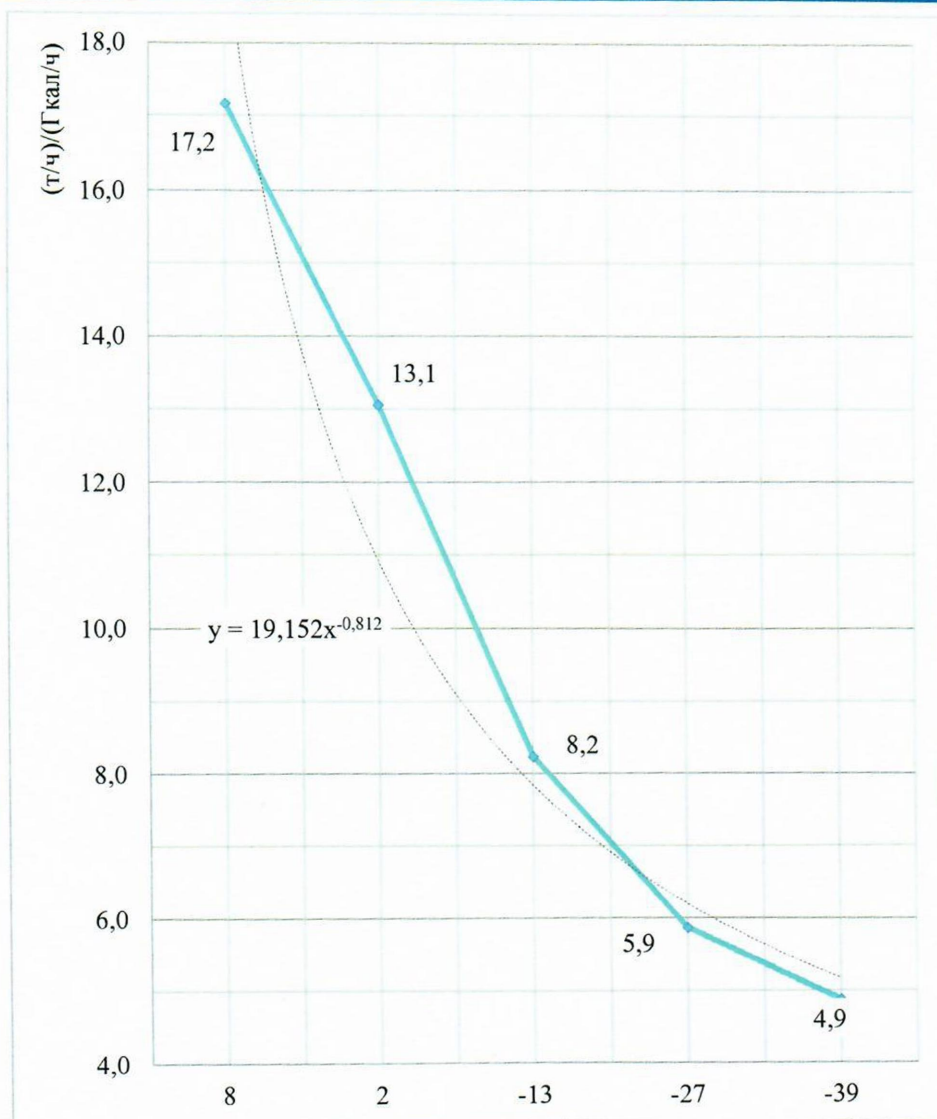
где: $Q_{\text{ст}}^{\text{н}}$ - нормируемый отпуск тепловой энергии от источника в системе теплоснабжения при соответствующей температуре наружного воздуха, Гкал/ч.

Расчет удельного расхода электроэнергии на транспортировку тепла приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Удельный расход электроэнергии на транспортировку тепла

Наименование показателя	Характерные температуры наружного воздуха $t_{\text{нв.х}}, ^\circ\text{C}$				
	$t_{\text{нв.о.}}$	$t_{\text{нв.п1}}$	$t_{\text{нв.п2}}$	$t_{\text{нв.ср}}$	$t_{\text{нв.р}}$
	8	2	-13	-27	-39
Нормируемая мощность электродвигателей насосной станции, кВт	4770	4770	4682	4581	4581
Отпуск тепловой энергии от источника в системе теплоснабжения, $Q_{\text{ст}}^{\text{н}}$, Гкал/ч	306	439	480	497	527
Удельный расход электроэнергии на транспортировку тепла, (кВт*ч)/Гкал	15,6	10,9	9,8	9,2	8,7

График изменения нормируемого удельного расхода электроэнергии на транспортировку тепла при характерных значениях температуры наружного воздуха приведен на рисунке 8.

Рисунок 8 – Нормируемый удельный расход электроэнергии на транспортировку тепла, $\mathcal{E}_n$

10 Определение фактических режимов работы системы теплоснабжения

10.1 Исходные данные для определения фактических режимов работы системы теплоснабжения

В качестве контрольного периода для определения фактического режима работы системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ принят последний отчетный период (2023 год).

Суточные данные учета значений внешних факторов, расходов и параметров сетевой воды в системе теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ приведены в Приложении 3.

10.2 Расчет фактических среднесуточных значений показателей фактических режимов работы системы теплоснабжения

Фактические среднесуточные значения показателей работы системы теплоснабжения определены путем сортировки суточных данных учета значений внешних факторов, расходов и параметров сетевой воды в системе теплоснабжения по температуре наружного воздуха. Удельный расход сетевой воды определен с учетом изменения плотности сетевой воды в подающих трубопроводах в зависимости от ее температуры.

10.3 Сопоставление фактических показателей режимов работы системы транспорта тепловой энергии с их нормируемыми значениями

10.3.1 Сопоставление фактических значений расхода сетевой воды в системе транспорта тепловой энергии с его нормируемыми значениями.

Графическое сопоставление фактических и нормативных расходов сетевой воды в подающих трубопроводах системы транспорта тепла за отопительный период 2023 года приведено на рисунке 9.

Графическое сопоставление фактических значений расходов сетевой воды в подающих трубопроводах системы транспорта тепла с нормируемыми значениями во всем диапазоне температур наружного воздуха за отопительный период 2023 года приведено на рисунке 10.

Сравнение фактических и нормативных расходов сетевой воды в подающих трубопроводах системы транспорта тепла за отопительный период 2023 года приведено в таблице 22.

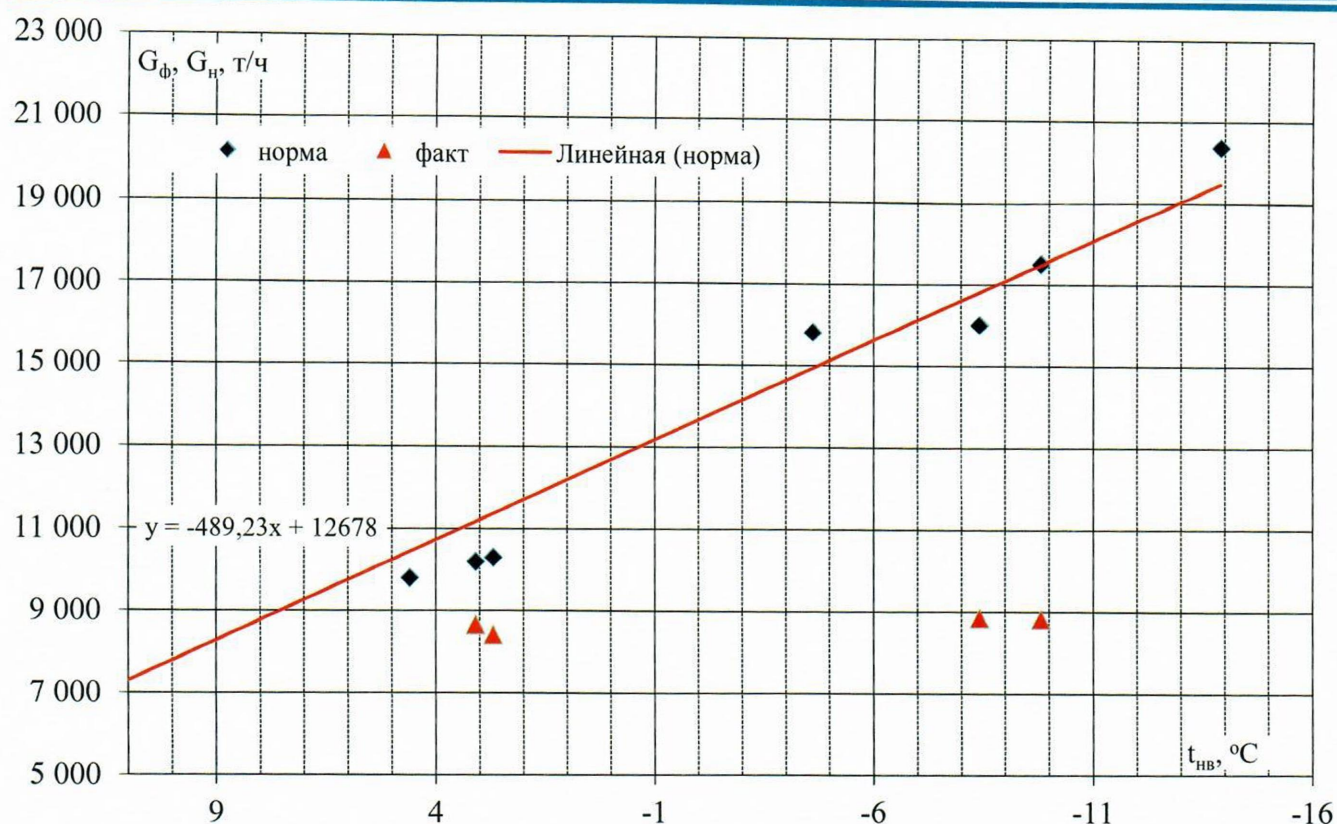


Рисунок 9 – Сопоставление фактических значений расходов сетевой воды в подающих трубопроводах системы транспорта тепла с нормируемыми значениями (по среднемесячным показателям)

Таблица 22 – Сравнение фактических и нормативных расходов сетевой воды в подающих трубопроводах системы транспорта тепла за зимние месяцы отчетного периода (2023 год)

Месяц	Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Суммарный расход сетевой воды в подающих трубопроводах, т/ч		Перерасход сетевой воды т/ч	Относительный расход сетевой воды
		факт	норма		
Январь	-9,8	8816	17500	-8 684	0,50
Февраль	-8,4	8845	16000	-7 155	0,55
Март	3,1	8665	10200	-1 535	0,85
Апрель	2,7	8412	10300	-1 888	0,82
Май	11,5	9595	7818	1 777	1,23
Сентябрь	11,7	1967	7818	-5 851	0,25
Октябрь	4,6	2358	9800	-7 442	0,24
Ноябрь	-4,6	2199	15800	-13 601	0,14
Декабрь	-13,9	4680	20380	-15 700	0,23
Среднегодовое значение		6171	12846	-6 675	0,48

Среднегодовое фактическое значение расхода сетевой воды в подающих трубопроводах в систему теплоснабжения за рассматриваемый период 2023 года составило 6171 т/ч, что меньше нормативного значения (12 846 т/ч) на 52 % (или 6675 т/ч). Связано это с тем, что расчет норматива ведется на договорные нагрузки, а по факту (реальная) нагрузка меньше.

10.3.2 Сопоставление фактических значений отпуска тепловой энергии в сетевой воде в систему теплоснабжения с его нормируемыми значениями.

Графическое сопоставление фактического и нормативного отпуска тепла в систему теплоснабжения во всем диапазоне температур наружного воздуха за отопительный период (по среднемесячным показателям 2023 года) приведено рисунке 10.

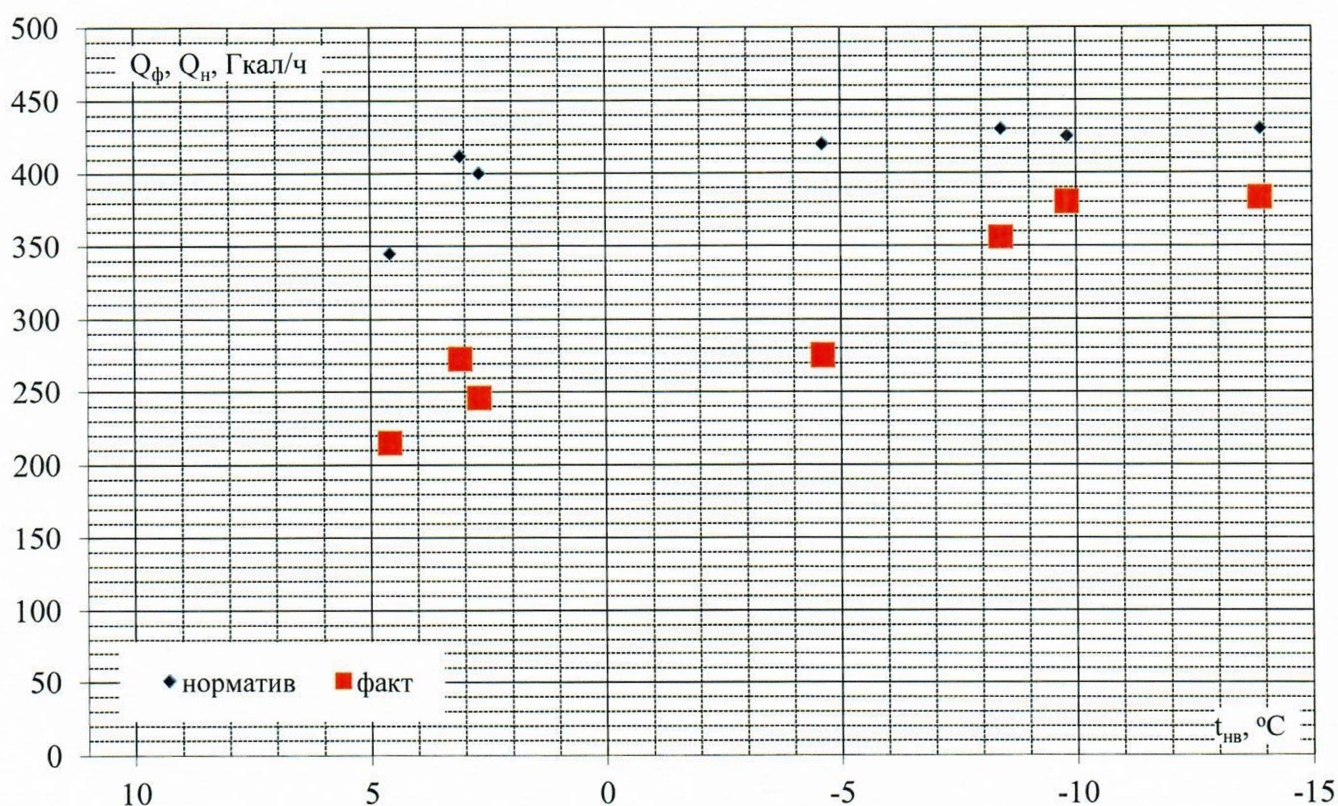


Рисунок 10 – Сопоставление фактического и нормативного отпуска тепла в систему теплоснабжения во всем диапазоне температур наружного воздуха за отопительный период (по среднемесячным показателям 2023 года)

Таблица 23 – Сравнение фактического и нормативного отпуска тепла в систему теплоснабжения за отопительный период (по среднемесячным показателям 2023 года)

Месяц	Температура наружного воздуха, °С	Отпуск тепловой энергии от источника, Гкал/ч		Отпуск тепловой энергии от источника, Гкал		Перерасход (экономия) фактического отпуска тепла от нормативного (+/-)	
		факт	норма	факт	норма	Гкал	%
Январь	-9,8	380	425	282739	316200	-33461	-10,6
Февраль	-8,4	356	430	238952	288960	-50008	-17,3
Март	3,1	272	412	202734	306528	-103794	-33,9
Апрель	2,7	245	400	176718	288000	-111282	-38,6
Май	11,5	236	280	84902	100800	-15898	-15,8
Сентябрь	11,7	237	280	85240	100800	-15560	-15,4
Октябрь	4,6	215	345	159690	256680	-96990	-37,8
Ноябрь	-4,6	275	420	198038	302400	-104362	-34,5
Декабрь	-13,9	383	430	284608	319920	-35312	-11,0
Год	-0,3	295	393	1713621	2280288	-566667	-24,9

Сравнение фактического и нормативного отпуска тепла в систему теплоснабжения за отопительный период 2023 года приведено в таблице 23.

Среднее значение фактического отпуска тепла в систему теплоснабжения за рассматриваемый период составило 295 Гкал/ч, что больше нормативного значения (98 Гкал/ч) на 24,8 % и определяется:

- ведением экономии Абонентами;
- разрегулированностью систем теплопотребления.

10.3.3 Сопоставление фактических удельных расходов сетевой воды в системе теплоснабжения с их нормируемыми значениями

Графическое сопоставление фактических удельных расходов сетевой воды в системе теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года (по среднемесячным показателям) приведено на рисунке 11.

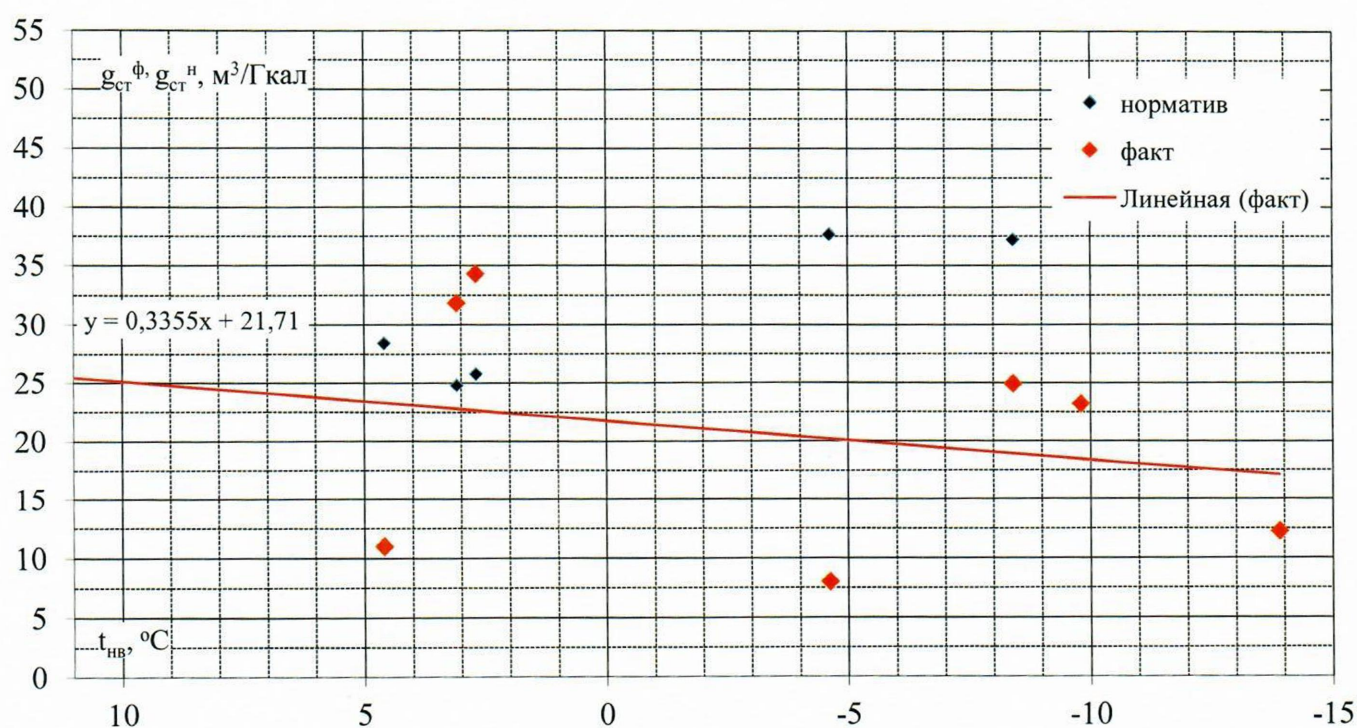


Рисунок 11 – Сопоставление фактических удельных расходов сетевой воды в системе теплоснабжения с их нормируемыми значениями (по среднемесячным показателям)

Сравнение фактических удельных расходов сетевой воды в системе теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнение фактических удельных расходов сетевой воды в системе теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года

Месяц	Температура наружного воздуха, °С	Удельный расход сетевой воды, м ³ /Гкал		Отношение фактического значения к нормируемому
		факт	норма	
Январь	-9,8	23,2	41,2	0,563
Февраль	-8,4	24,9	37,2	0,669
Март	3,1	31,8	24,8	1,284
Апрель	2,7	34,3	25,8	1,331
Май	11,5	40,7	27,9	1,457
Сентябрь	11,7	8,3	27,9	0,298
Октябрь	4,6	11,0	28,4	0,387
Ноябрь	-4,6	8,0	37,6	0,213
Декабрь	-13,9	12,2	47,4	0,258
Год	-0,3	20,9	32,7	0,639

Среднее значение удельного расхода сетевой воды за рассматриваемый период составило 20,9 м³/Гкал, что меньше нормативного значения (32,7 м³/Гкал) на 11,8 м³/Гкал – 36 %.

10.3.4 Сопоставление фактических значений разности температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями.

Графическое сопоставление фактических значений разности температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период (по среднемесячным показателям) приведено на рисунке 12.

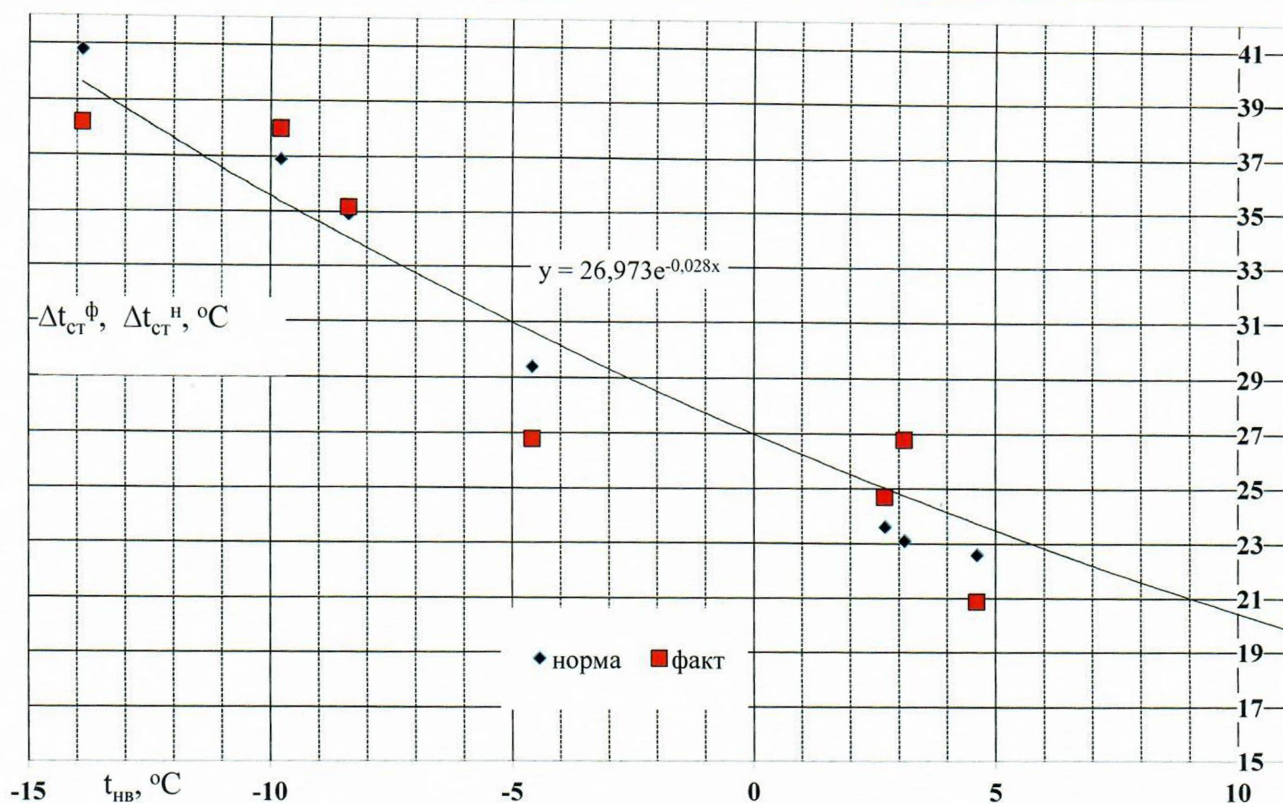


Рисунок 12 – Сопоставление фактических значений разности температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями (по среднемесячным показателям)

Сравнение фактических значений разности температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года приведено в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнение фактических значений разности температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года

Месяц	Температура наружного воздуха,	Разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях, $^\circ\text{C}$		Степень использования теплого (температурного) потенциала сетевой воды
	$^\circ\text{C}$	факт	норма	
Январь	-9,8	38,0	36,9	1,030
Февраль	-8,4	35,2	34,9	1,009
Март	3,1	26,8	23,1	1,160
Апрель	2,7	24,7	23,6	1,047
Май	11,5	19,5	20,8	0,938
Сентябрь	11,7	16,4	20,8	0,788

Месяц	Температура наружного воздуха,	Разность температур сетевой воды в подающей и обратной линиях, °С		Степень использования теплового (температурного) потенциала сетевой воды
	°С	факт	норма	
Октябрь	4,6	20,9	22,6	0,925
Ноябрь	-4,6	26,8	29,4	0,912
Декабрь	-13,9	38,2	40,8	0,936
Год	-2,5	28,4	29,6	0,959

Среднее значение разности температур сетевой воды в подающей и обратной линиях за рассматриваемый период составило 28,4 °С, что меньше нормативного значения (29,6 °С) на 1,2 °С. Отклонение находится в допустимых пределах.

10.3.5 Сопоставление фактических значений температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями.

Графическое сопоставление фактических значений температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года (по среднемесячным показателям) приведено на рисунке 13.

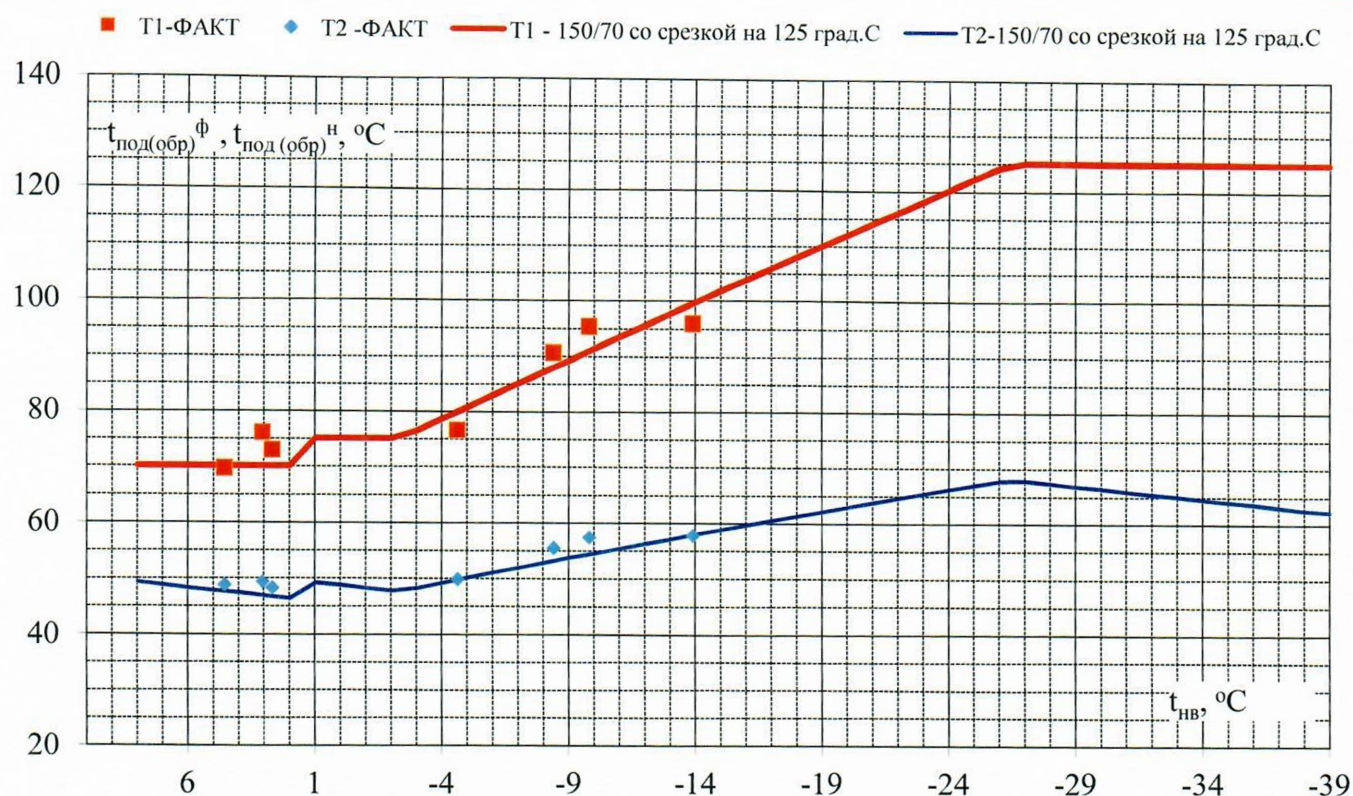


Рисунок 13 – Сопоставление фактических значений температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями (по среднемесячным показателям)

Сравнение фактических значений температур сетевой воды в обратном трубопроводе системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года приведено в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнение фактических значений температур сетевой воды в обратном трубопроводе системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года

Месяц	Температура наружного воздуха, °C	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °C		Степень использования теплового (температурного) потенциала сетевой воды
		факт	норма	
Январь	-9,8	57,4	54,1	1,061
Февраль	-8,4	55,5	53,0	1,047
Март	3,1	49,3	46,9	1,051
Апрель	2,7	48,2	46,4	1,039
Май	11,5	50,5	49,2	1,026
Сентябрь	11,7	52,1	49,2	1,059
Октябрь	4,6	48,7	47,4	1,027

Ноябрь	-4,6	49,8	49,9	0,998
Декабрь	-13,9	57,8	57,6	1,003
Год	-0,3	52,1	50,4	1,034

Среднее значение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе за рассматриваемый период составило 52,1 °С, что больше нормативного значения (50,4°С) на 1,7 °С и находится в пределах допустимых отклонений.

Сравнение фактических значений температур сетевой воды в подающем трубопроводе системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года приведено в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнение фактических значений температур сетевой воды в подающем трубопроводе системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года

Месяц	Температура наружного воздуха, °С	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °С		Степень использования теплового (температурного) потенциала сетевой воды
		факт	норма	
Январь	-9,8	95,4	91,0	1,048
Февраль	-8,4	90,7	87,9	1,032
Март	3,1	76,1	70,0	1,087
Апрель	2,7	72,9	70,0	1,041
Май	11,5	70,0	70,0	1,000
Сентябрь	11,7	68,5	70,0	0,979
Октябрь	4,6	69,6	70,0	0,994
Ноябрь	-4,6	76,6	79,3	0,966
Декабрь	-13,9	96,0	98,4	0,976
Год	-0,3	79,5	78,5	1,013

Среднее значение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе за рассматриваемый период составило 79,5 °С, что больше нормативного значения (78,5°С) на 1,0 °С и находится в пределах допустимых отклонений.

10.3.6 Сопоставление фактических значений удельных расходов электроэнергии на транспортировку и распределение тепла для системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями.

Графическое сопоставление фактических значений удельных расходов электроэнергии на транспортировку и распределение тепла для системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за отопительный период 2023 года приведено на рисунке 14.

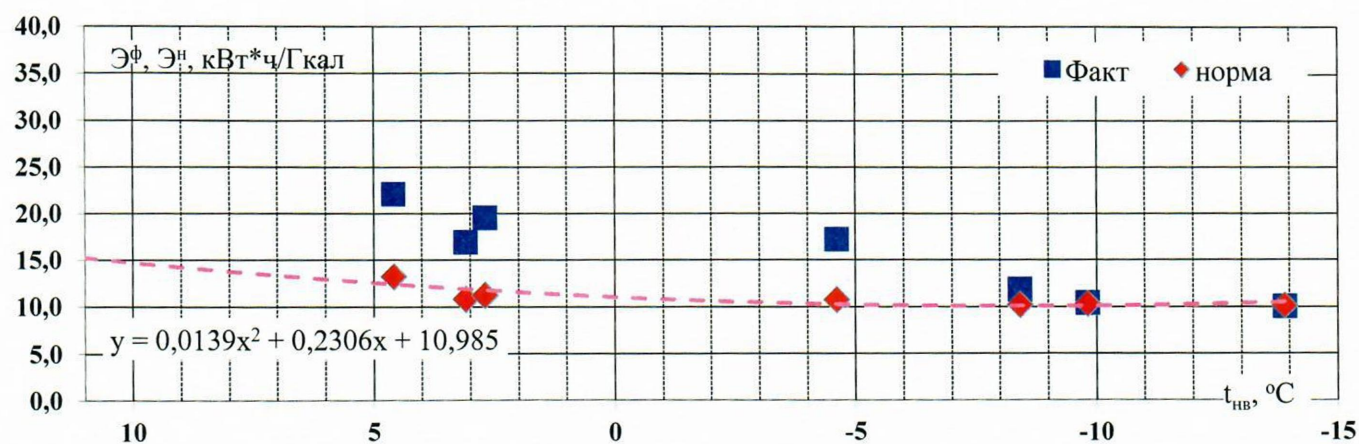


Рисунок 14 – Сопоставление фактических значений удельных расходов электроэнергии на транспортировку и распределение тепла для системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями (по среднемесячным показателям)

Сравнение фактических значений удельных расходов электроэнергии на транспортировку и распределение тепла для системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за зимние месяцы отчетного периода (2023 год) приведено в таблице 28.

Таблица 28 – Сравнение фактических значений удельных расходов электроэнергии на транспортировку и распределение тепла для системы теплоснабжения с их нормируемыми значениями за зимние месяцы отчетного периода (2023 год)

Месяц	Температура наружного воздуха, °С	Удельный расход электроэнергии, кВт*ч/Гкал		Расход электроэнергии, тыс. кВт*ч		Перерасход (экономия) фактического расхода электроэнергии от нормативного (+/-)	
		факт	норма	факт	норма	тыс. кВт*ч	%
Январь	-9,8	10,4	10,3	3 966,02	4 377,50	-411,49	-9,4
Февраль	-8,4	11,8	10,2	4 206,17	4 386,00	-179,83	-4,1
Март	3,1	16,9	10,8	4 609,79	4 449,60	160,19	3,6
Апрель	2,7	19,5	11,2	4 798,08	4 480,00	318,08	7,1
Май	11,5	27,6	15,6	6 508,32	4 368,00	2 140,32	49
Сентябрь	11,7	20,0	15,6	4 730,54	4 368,00	362,54	8,3
Октябрь	4,6	22,1	13,2	4 740,71	4 554,00	186,71	4,1
Ноябрь	-4,6	17,2	10,7	4 736,68	4 494,00	242,68	5,4
Декабрь	-13,9	10,1	10,1	3 847,90	4 343,00	-495,10	-11,4
Год	-0,3	16,2	11,6	42144,2	39820,1	2324,1	5,8

Среднее значение удельного расхода электроэнергии на транспортировку и распределение тепла за рассматриваемый период составило 11,7 кВт*ч/Гкал, что больше нормативного значения (11,6 кВт*ч/Гкал) на 0,1 кВт*ч/Гкал. Перерасход электрической энергии за рассматриваемый период составил 2324,1 тыс. кВтч (5,8 %).

Рекомендуется провести детальную проработку возможных направлений снижения затрат при передаче тепловой энергии с целью выявления наиболее перспективных работ по повышению энергоэффективности тепловых сетей и системы теплоснабжения в целом.

11 Рекомендации

Для повышения эффективности эксплуатации системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ, рекомендуется:

- в соответствии с ПТЭ и СО 34.20.519-97 (РД 34.20.519-97) провести гидравлические испытания системы теплоснабжения, для определения фактических значений эквивалентной шероховатости трубопроводов;

- произвести корректировку гидравлического режима сети с учетом фактических значений эквивалентной шероховатости трубопроводов, полученных по результатам гидравлических испытаний;

- провести режимную наладку теплового и гидравлического режимов работы тепловых сетей для определения расчетных и фактических тепловых нагрузок, расчетных и фактических параметров теплоносителя на источниках тепла, в узловых точках сети, в системе теплоснабжения зданий и сооружений.

- опрессовка — для определения плотности и механической прочности трубопроводов и арматуры. Все тепловые сети опрессовываются на 1,25 больше от рабочего давления;

- гидропневматическая промывка тепловой сети и всех абонентов, с целью очистки трубопроводов от строительного-монтажного мусора, окалин, ржавчины и различных отложений, накапливающихся в процессе эксплуатации. Кроме того, необходимо провести промывку и опрессовку тепловых пунктов и систем теплопотребления.

- испытания на расчетную температуру, с целью проверки работы компенсационных устройств сети и фиксации их нормального положения;

- испытания на тепловые потери, с целью определения фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию;

- на основании режимно-наладочных испытаний разработать мероприятия по приведению фактических параметров теплосети к расчетным значениям, что позволит сократить потери тепла с теплофикационной водой до минимального уровня, отрегулировать гидравлический режим сети, наладка которого, благотворно скажется на всей системе в целом, в том числе на абонентах, находящихся на конечных участках ветвей теплосети, увеличив гидравлический перепад до требуемых значений.

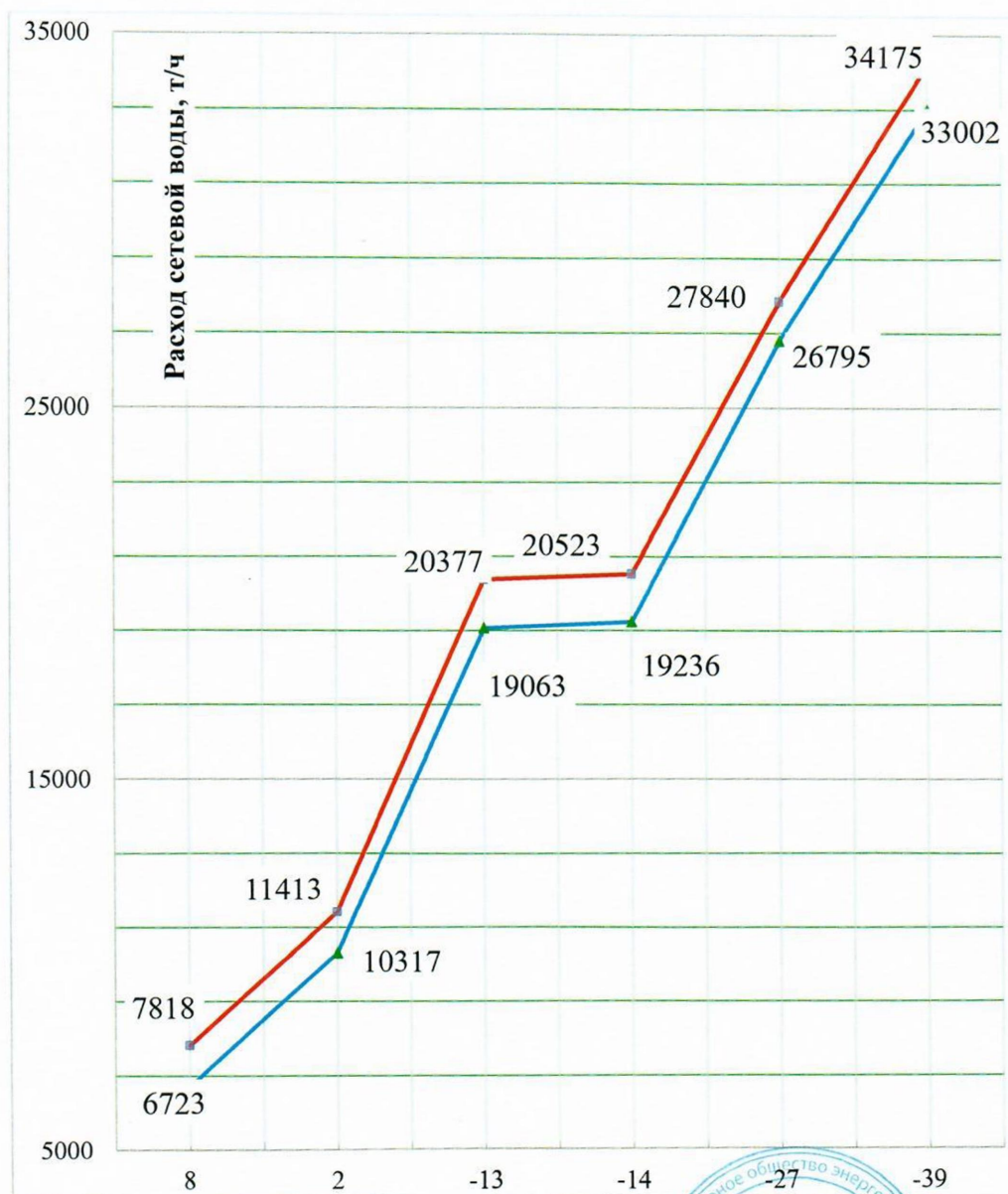
Список использованных источников

1. СО 153-34.20.523(2)-2003. «Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю «удельный расход сетевой воды»
2. РД 153-34.0-20.529-2001. «Рекомендации по определению нормативных режимных характеристик систем теплоснабжения и нормативной гидравлической энергетической характеристики тепловых сетей»
3. СО 153-34.20.523(1)-2003. «Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателям «Разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах» и «Удельный расход электроэнергии»
4. РД 153-34.0-20.523-98. «Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии. Часть 1».
5. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов
6. Технический отчет испытания магистральных тепловых сетей Кузнецкой ТЭЦ на тепловые потери. - Кемерово, 2024
7. Эксплуатационная схема тепловых сетей Кузнецкой ТЭЦ - г. Новокузнецк.
8. Манюк В.И. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. -М.: Стройиздат, 1982
9. СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации/Минэнерго России. - М.: СПО ОРГРЭС, 2003
10. Теплотехнический справочник / Под общей редакцией В.Н. Юренева. Том 1. -М.: «Энергия», 1975

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Энергетическая характеристика «Гидравлический режим системы теплоснабжения»
2. Энергетическая характеристика по показателю «Удельный расход сетевой воды»
3. Энергетическая характеристика по показателю «Разность температур в подающем и обратном трубопроводе»
4. Энергетическая характеристика по показателю «Нормативная температура в обратном трубопроводе»
5. Энергетическая характеристика по показателю «Удельный расход электроэнергии на транспорт тепловой энергии»
6. Состав оборудования насосных станции системы теплоснабжения Кузнецкой ТЭЦ

1 Энергетическая характеристика «Гидравлический режим системы теплоснабжения»



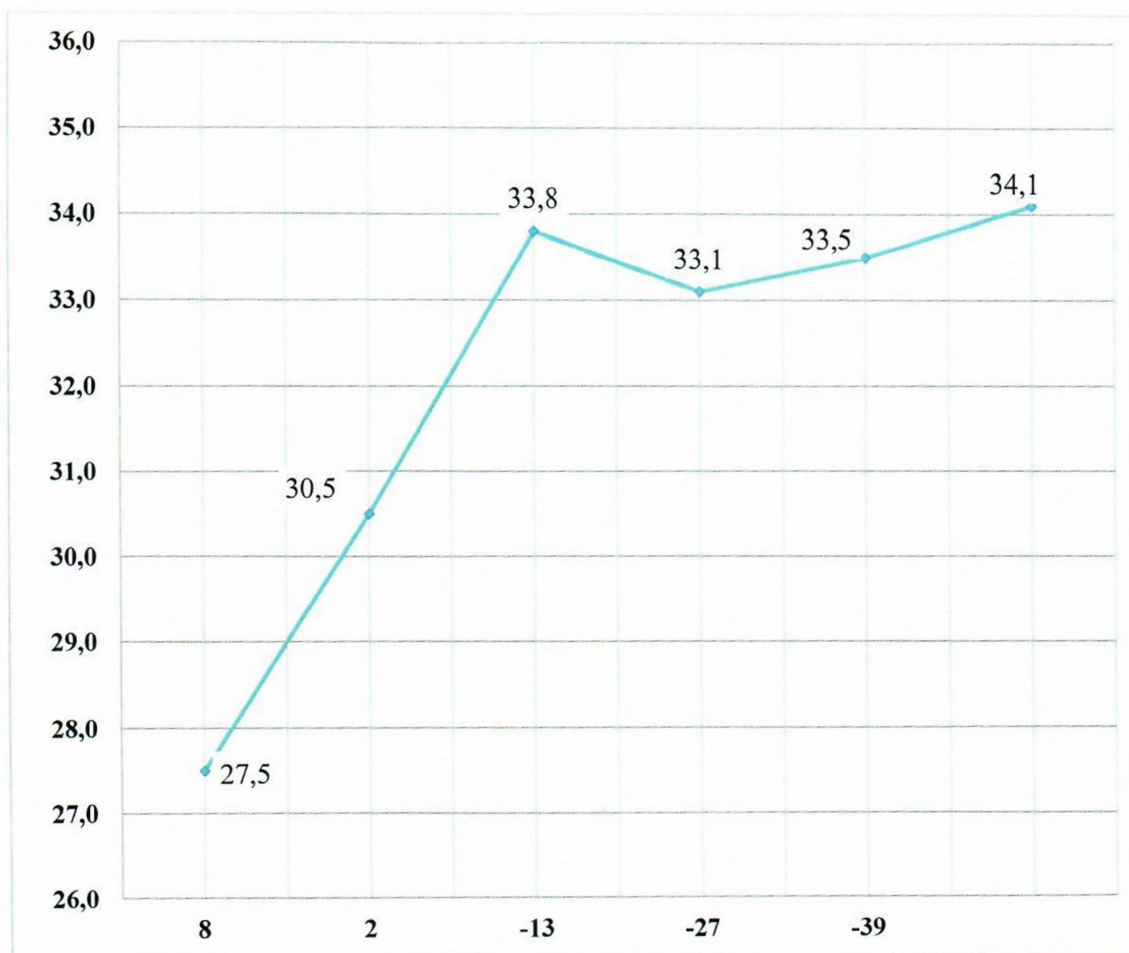
Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»

К.А. Дьячков

Генеральный директор ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин

2 Энергетическая характеристика по показателю «Удельный расход сетевой воды»



Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»



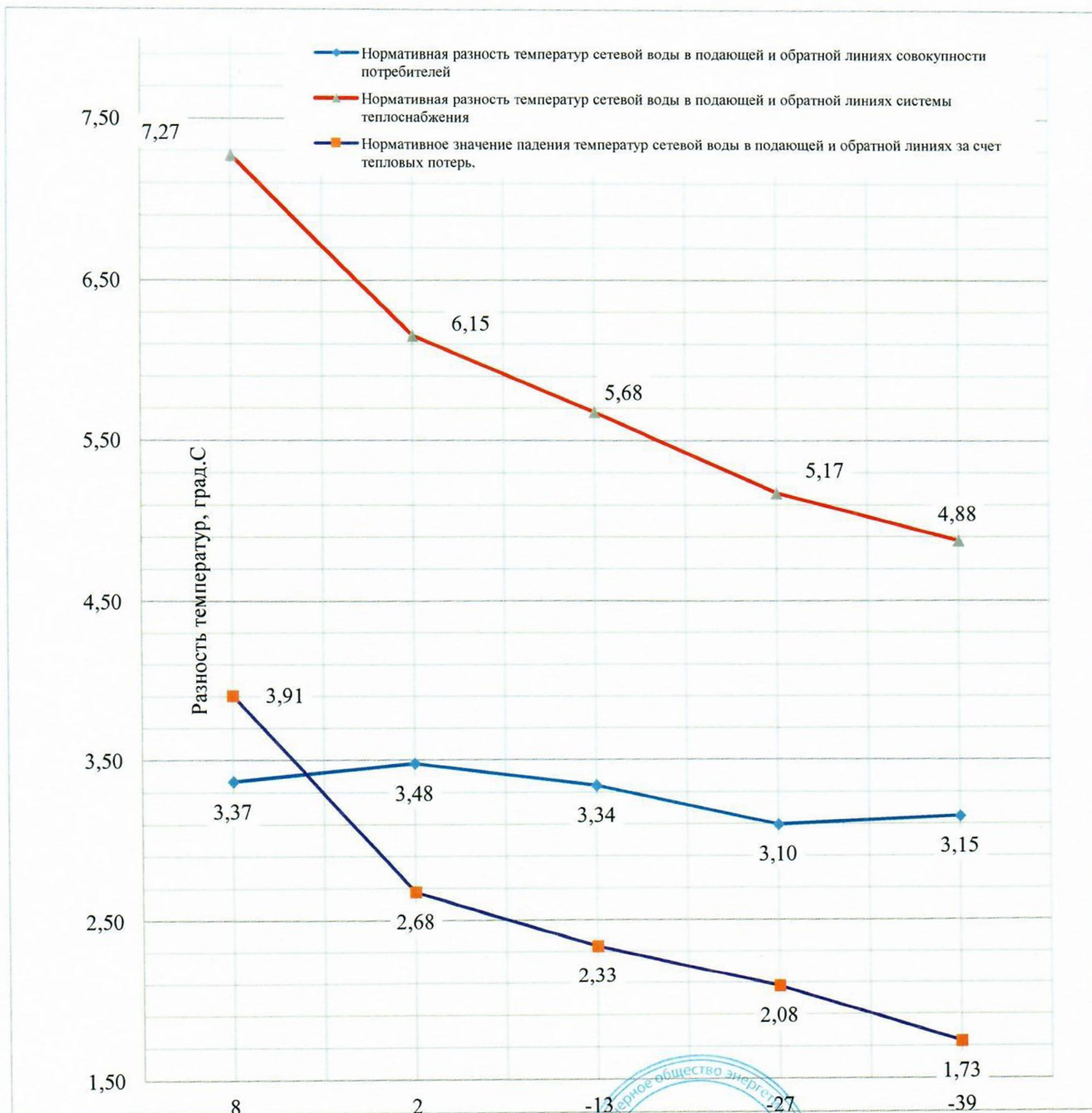
К.А. Дьячков

Генеральный директор ООО «СибИТЦ»



А.А. Желонкин

3 Энергетическая характеристика по показателю «Разность температур в подающем и обратном трубопроводе»



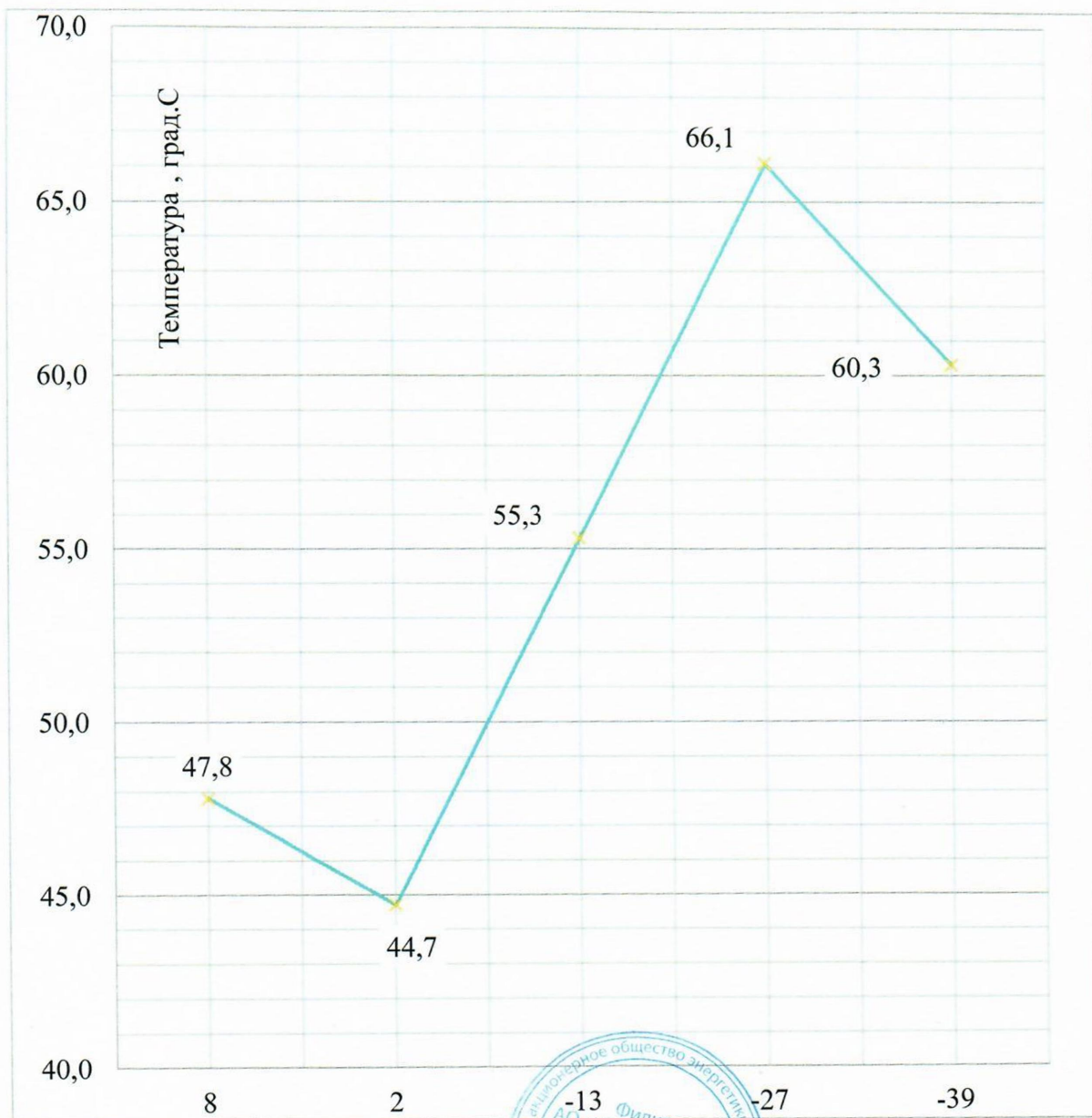
Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»

К.А. Дьячков

Генеральный директор ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин

4 Энергетическая характеристика по показателю «Нормативная температура в обратном трубопроводе»



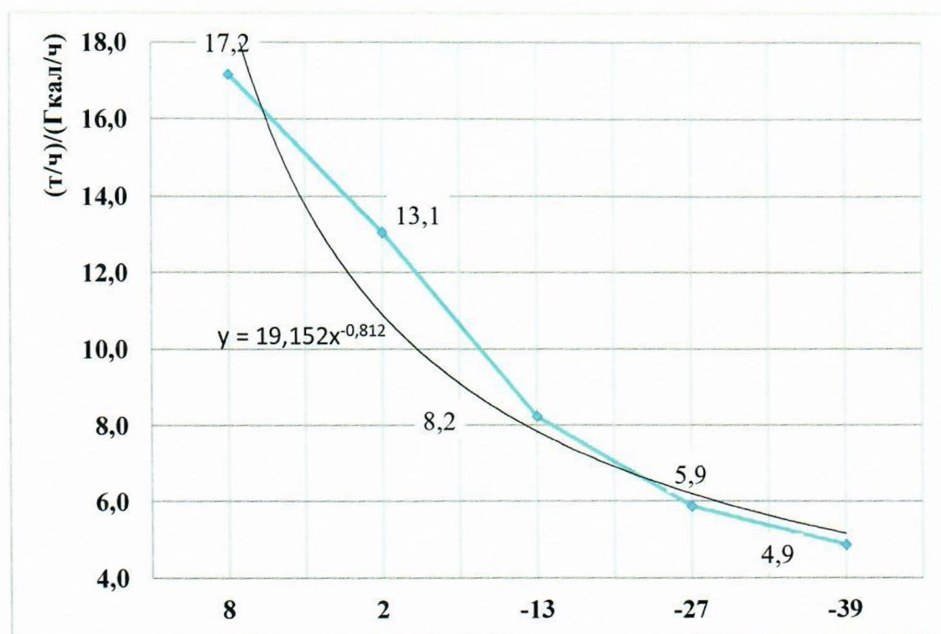
Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
Межрегиональная теплосетевая

К.А. Дьячков

Генеральный директор ООО «СибИТЦ»

А.А. Желонкин

**5 Энергетическая характеристика по показателю
«Удельный расход электроэнергии на транспорт тепловой энергии»**



Директор филиала АО «Кузбассэнерго»-
«Межрегиональная теплосетевая компания»



К.А. Дьячков

Генеральный директор ООО «СибИТЦ»



А.А. Желонкин