



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА  
КЕМЕРОВО ДО 2033 ГОДА  
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2021 ГОД)**

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**ГЛАВА 3  
ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Изменения, произошедшие с момента прошлой актуализации схемы теплоснабжения.....	4
2. Общее назначение актуализированной электронной модели системы теплоснабжения.....	5
3. Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе поселения, городского округа, города федерального значения и с полным топологическим описанием связности объектов;.....	7
3.1. Расчетные модули электронной модели.....	7
3.1.1. Построение расчетной модели тепловой сети.....	19
3.1.2. Наладочный расчет тепловой сети.....	19
3.1.3. Поверочный расчет тепловой сети.....	19
3.1.4. Конструкторский расчет тепловой сети.....	20
3.1.5. Расчет требуемой температуры на источнике.....	21
3.1.6. Коммутационные задачи.....	21
3.1.7. Пьезометрический график.....	21
3.1.8. Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию.....	22
3.2. База данных электронной модели систем теплоснабжения.....	22
3.3. Структура и состав электронной модели.....	23
3.3.1. Общие положения.....	23
3.3.2. Электронная модель.....	23
3.4. Моделирование элементов электронной модели.....	26
3.4.1. Моделирование участков тепловых сетей.....	26
3.4.2. Моделирование тепловых камер.....	26
3.4.3. Моделирование насосных станций.....	27
3.4.4. Моделирование источников.....	27
3.4.5. Моделирование абонентов, абонентских выводов и потребителей.....	28
3.5. Описание топологической связанности объектов.....	29
4. Гидравлический расчет тепловых сетей любой степени закольцованности, в том числе гидравлический расчет при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.....	31
4.1. Системы теплоснабжения ООО «СГК».....	31
4.1.1. Система теплоснабжения левобережной части г. Кемерово.....	31
4.1.2. Система теплоснабжения правобережной части г. Кемерово.....	31
4.1.3. Возможности теплофикационных установок.....	31
4.1.4. Температурный график.....	33

4.1.5. Фактический режим работы системы теплоснабжения.....	35
4.2. Системы теплоснабжения АО «Теплоэнерго».....	54
4.2.1. Система теплоснабжения.....	54
4.2.2. Возможности теплофикационных установок.....	58
4.2.3. Температурный график.....	59
4.2.4. Фактический режим работы системы теплоснабжения.....	59
4.3. Системы теплоснабжения ООО «СКЭК».....	59
4.4. Системы теплоснабжения ООО «Лесная поляна-Плюс».....	62
4.5. Системы теплоснабжения ООО «Коммунэнерго».....	62
4.6. Системы теплоснабжения ООО «ЭТС-Ресурс».....	63
4.7. Отладка и калибровка электронной модели.....	80
5. Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения;.....	97

## **1. ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИЗОШЕДШИЕ С МОМЕНТА ПРОШЛОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

В ходе актуализации электронной модели системы теплоснабжения города Кемерово, в электронную модель был внесен ряд изменений:

- Актуализирован перечень потребителей – в электронную модель внесены потребители, подключенные с момента прошлой актуализации.
- Актуализированы тепловые нагрузки потребителей с уточнением коэффициентов для выполнения калибровки модели
- Актуализированы данные по годам ввода теплотрасс для проведения уточненных расчетов надежности тепловой сети
- Актуализирована трассировка ряда сетей
- Актуализированы данные о местоположении ЦТП и КРП

## 2. ОБЩЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Электронная модель системы теплоснабжения Кемеровского городского округа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона №ФЗ-190 «О теплоснабжении» и Постановления Правительства РФ №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» законодательно определяет необходимость создания и использования компьютерных электронных моделей систем теплоснабжения городов.

Постановление Правительства РФ №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения», и пункт 7 Статьи 23 ФЗ № 190 «О теплоснабжении» содержат методические указания, регламентирующие состав, требования и порядок разработки схем теплоснабжения поселений и городских округов. В числе этих требований указано на необходимость наличия в качестве обязательного раздела схемы теплоснабжения электронной модели.

Отдельная глава «Требований к схемам теплоснабжения», описывает содержание и функциональные характеристики электронных моделей как составной части схемы теплоснабжения.

Согласно определению правительства Российской Федерации электронная модель сети теплоснабжения – это комплекс программ и баз данных, описывающий топологию наружных сетей и сооружений теплоснабжения, их технические и режимные характеристики и позволяющий проводить гидравлические расчеты.

Электронная модель, в первую очередь, необходима для эффективной оценки работы систем теплоснабжения, а также прочих инженерных систем.

Создание электронной модели позволяет:

- Эффективно составлять планы перспективного развития;
- Выполнять гидравлический расчет и анализ возможных последствий плановых переключений на магистральной сети;
- Выявлять перегруженные участки сети и оборудования, лимитирующие пропускную способность;
- Выявлять участки с повышенными гидравлическими сопротивлениям и скрытыми утечками;
- Моделировать аварийные ситуации на сети и обосновывать мероприятия по оптимизации последствий этих аварий;
- Осуществлять поиск задвижек, отключающих аварийный участок

водопроводной сети.

Компоненты электронной модели:

– программное обеспечение, позволяющее описать все технологические объекты, составляющие систему, в их совокупности и взаимосвязи, и на основе этого описания, решать весь спектр расчетно-аналитических задач, необходимых для многовариантного моделирования режимов работы всей системы и ее отдельных элементов;

– средства создания и визуализации графического представления сетей в привязке к плану территории, неразрывно связанные со средствами технологического описания объектов системы и их связности;

– данные, описывающие каждый в отдельности элементарный объект и всю совокупность объектов, составляющих систему – от источника и вплоть до каждого потребителя, включая все трубопроводы, а также электронный план местности, к которому привязана модель системы.

### **3. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИВЯЗКОЙ К ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ ПОСЕЛЕНИЯ, ГОРОДСКОГО ОКРУГА, ГОРОДА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ И С ПОЛНЫМ ТОПОЛОГИЧЕСКИМ ОПИСАНИЕМ СВЯЗНОСТИ ОБЪЕКТОВ;**

#### **3.1. Расчетные модули электронной модели**

Электронная модель системы теплоснабжения Кемеровского городского округа создана на базе программного комплекса «ZuluThermo», разработанного ООО «Политерм» (г. Санкт-Петербург).

Под электронной моделью системы теплоснабжения понимается математическая модель этой системы, привязанная к топографической основе города, предназначенная для имитационного моделирования всех процессов, протекающих в ней.

Программный комплекс «ZuluThermo» получил широкое распространение на предприятиях тепловых сетей. В частности, городов: Москва, Екатеринбург, Санкт-Петербург, Липецк и в настоящий момент является наиболее распространенным на территории России (более 4000 пользователей).

Комплекс позволяет рассчитывать тупиковые и кольцевые сети (количество колец в сети неограниченно), а также двух, трех, четырехтрубные или многотрубные системы теплоснабжения, в том числе с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников.

Программа предусматривает выполнение теплогидравлического расчета системы централизованного теплоснабжения с потребителями, подключенными к тепловой сети по различным схемам. Расчет систем теплоснабжения может производиться с учетом утечек из тепловой сети и систем теплоснабжения, а также тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети. Расчет тепловых потерь ведется либо по нормативным потерям, либо по фактическому состоянию изоляции.

Результаты расчетов могут быть экспортированы в MS Excel, наглядно представлены с помощью тематической раскраски и пьезометрических графиков. Картографический материал и схема тепловых сетей могут быть оформлены в виде документа с использованием макета печати.

Геоинформационная система «Zulu» и программно-расчетный комплекс «ZuluThermo» позволяет решать необходимый для разработки Схемы теплоснабжения Кемеровского городского округа набор задач:

– Автоматически создавать электронную модель системы теплоснабжения при нанесении ее на карту города с графическим представлением объектов, с привязкой к

топографической основе и полным топологическим описанием связности объектов;

- Проводить паспортизацию системы теплоснабжения;
- Выполнять гидравлический расчет тепловых сетей;
- Моделировать все виды переключений, осуществляемые в тепловых сетях, в том числе переключения тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии;
- Выполнять расчет балансов по сетевой воде и тепловой энергии по каждому источнику тепловой энергии;
- Осуществлять расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя;
- Проводить групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схемы теплоснабжения;
- Строить пьезометрические графики и производить их сравнение для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей;
- Строить зоны влияния источников на сеть;
- Учитывать реконструкцию тепловых сетей, связанную с увеличением диаметра трубопроводов для обеспечения перспективных приростов тепловой нагрузки или с переводом системы на пониженные параметры теплоносителя;
- Рассчитывать температурный график отпуска тепловой энергии для каждого источника тепловой энергии;
- Производить расчет отдельных элементов системы теплоснабжения: расчету подлежат тупиковые и кольцевые тепловые сети, в том числе с насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников.

Программа предусматривает теплогидравлический расчет с присоединением к тепловой сети индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) и центральных тепловых пунктов (ЦТП) по нескольким десяткам схемных решений, применяемых на территории России.

Расчет систем теплоснабжения может производиться с учетом утечек из тепловой сети и систем теплопотребления, а также тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети, как по нормативным потерям, так и по фактическому состоянию изоляции.

Расчеты «ZuluThermo» могут работать не только в тесной интеграции с геоинформационной системой (в виде модуля расширения ГИС), но и в виде отдельной библиотеки компонентов, которые позволяют выполнять расчеты из приложений пользователей.

Задачи, решаемые «ZuluThermo»:



- Построение расчетной модели тепловой сети;
- Наладочный расчет тепловой сети;
- Поверочный расчет тепловой сети;
- Конструкторский расчет тепловой сети;
- Расчет требуемой температуры на источнике;
- Коммутационные задачи;
- Пьезометрический график;
- Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию.

Результаты выполненных расчетов можно экспортировать в MS Excel.

Ниже (таблица 2-1) приводится сопоставление различных геоинформационных систем (ГИС), поддерживающих топологию инженерных сетей.

Географическая информационная система «Zulu» обладает следующими достоинствами, отсутствующими у многих ГИС:

- Отсутствием ограничений на объем вводимой информации;
- Возможностью самостоятельного освоения и работы;
- Возможностью написания дополнительных модулей в оболочке ГИС
- Дружественным интерфейсом, схожим с популярными офисными приложениями под Windows;
- Возможностью работы с общедоступными Tile-серверами;
- Возможностью привязки фотоснимков к географическим координатам местности;
- Возможностью отображения движущихся объектов на карте сервера ZuluServer 8.0 через WEB службу WMS;
- Контроль за автотранспортом предприятия;
- Высокой скоростью обработки большого объема графической информации;
- Возможностью передвижения по коммуникациям предприятия при наличии WEB ZuluServer с корректировкой графических и семантических данных с мобильного устройства, работающего под управлением Windows7;
- Возможностью создания модели рельефа местности и решения целого ряда задач:
  - определение высоты местности в любой точке в границах триангуляции, вычисление площади поверхности заданной области;
  - вычисление объема земляных работ по заданной области;
  - построение изолиний с заданным шагом по высоте;
  - построение зон затопления;
  - построение раstra высот;

- О построение продольного профиля (разреза) по произвольно заданному пути;
- О автоматическое занесение данных по высотным отметкам во всех модулях инженерных расчетов (ZuluThermo, ZuluSteam, ZuluHydro, ZuluDrain, ZuluGaz).

**Таблица 2-1 – Сопоставление геоинформационных систем**

Разработчик	АИСТ-Груп Россия, г. Пермь aist.perm.ru	ПОЛИТЕРМ Россия, г. Санкт- Петербург politerm.com.ru	ИВЦ «Поток» Россия г. Москва, Украина г. Харьков. www.citycom.ru	КБ ПАНОРАМА Россия, г. Москва www.gisinfo.ru	ESRI USA www.esri.com	Интегро Россия, г. Уфа www.integro.ru
Продукты						
Название ГИС	ВЕГА	ZULU	CityCom	Панорама	ArcGIS	ИнГео
Распространенность в России	Низкая	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая
Вид деятельности Разработчика	Разработка и продажа программного обеспечения, внедрение, обучение	Разработка и продажа программного обеспечения, обучение	Разработка и внедрение программного обеспечения, обучение	Разработка и продажа программного обеспечения, внедрение, обучение	Продажа программного обеспечения, внедрение, обучение	Разработка и продажа программного обеспечения, внедрение, обучение
Место нахождения разработчика	Россия, Пермь	Россия, Санкт-Петербург	Украина	Россия, Москва	США	Россия, Уфа
Архитектура	Клиентская версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия
Векторизатор	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
ГИС-вьювер	Нет	Есть, обычный + веб	Нет	Есть	Есть, обычный + веб	Нет
Поддержка GPS	Нет	Есть	Нет	Есть	Есть, отдельный модуль	Нет, реализуется внешним модулем
Платформа	Windows 98/2000/XP	Windows 2000/XP/7	Windows 98/2000/XP/7	Windows 98/2000/XP, Linux Kylix, Linux QT, Pocket-PC	Windows 98/2000/XP/7, Pocket-PC	Windows 98/2000/XP/7
Интерфейсы и расширения						
Формат	Собственный	Собственный	Нет данных	SXF	Собственный	Собственный

картографической базы данных						
Формат семантической базы данных	Собственный	Paradox, dBase, Microsoft Access, Microsoft SQLServer, Oracle	Нет данных	SXF	Microsoft SQL Server, Oracle	Собственный
Защита базы данных от несанкционированного доступа	Нет	Да, в серверном варианте	Да, в серверном варианте	Да (просмотр, редактирование и т.д.)	Да	Да, все возможности (просмотр данных и редактирование карты)
Оптимизация для работы с SQL-серверами	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Поддержка растровых форматов	BMP, WMF, EMF	Файл в формате Windows bitmap (BMP), TIFF, PCX, JPG и т.д.	Нет данных	BMP, WMF, JPEG, PostScript	Стандартные растровые изображения Windows+ множество других	Стандартные растровые изображения Windows
Поддержка векторных форматов	DBF, DXF	DXF, MIF/MID, SHP, WMF	Нет данных	SHP, MIF/MID, S57, DXA, DXF9, DXF14, MTW, GEN, GPS, PostScript, DBF	DXF, DGN, DWG, SHP, таблицы VPF + множество других (реализовано отдельным модулем)	F20V (I), DXF(I/E), GEN(I), Shape(I), MIF/MID (I/E)
Внешний интерфейс	API ActiveX	API ActiveX, ODBC, BDE	Нет данных	API ActiveX, ODBC, BDE, SDK	ODE, API ActiveX, COM, AML (платформенный язык)	BDE, OLE DB, API
Внешние модули предоставленные разработчиками	Модуль навигации по адресному плану "Город"	Расчет тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, газовых сетей.	Расчет тепловых, водопроводных, канализационных, газовых сетей.	Блок геодезических расчетов	Множество различных модулей практически для любой отрасли	Система ведения имущественного кадастра "Имущество", Система информационного обеспечения градостроительной деятельности МОНИТОРИНГ
Реализация разработчиками	Возможно	Возможно	Возможно	Возможно	Практически невозможно	Возможно

пожеланий пользователей по развитию ПО						
Реализация элементов концептуальных топологических отношений	Нет	Да, в слое тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)	Да, в слое тепловых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)	Да (все виды)	Да (все виды)	Да (все виды)
Наличие механизмов, обеспечивающих быстрый перенос семантических и картографических данных там, где нет телекоммуникаций	Нет	Да, через обменный формат	Да, через обменный формат. Только представитель ИВЦ «Поток» за дополнительные деньги	Да, через обменный формат	Да, через обменный формат	Да, через обменный формат
Возможность корректировки условных обозначений по российским стандартам	Нет	Да, с небольшими ограничениями	Нет	Да, с небольшими ограничениями	Да	Да
Возможность работы в системах координат	Плоская (x, y)	Плоская (x, y), геодезическая, для отдельных слоев псевдо3D.	Плоская (x, y)	Плоская, геодезическая, 3D (отдельный модуль)	Плоская, геодезическая, 3D	Плоская, 3D (отдельный модуль)
Возможность контроля вводимой информации	Нет	Частично (через справочник), и в расчетных задачах.	Частично (через справочник), и в расчетных задачах.	Да (путем создания ограничителей)	Да (путем создания ограничителей)	Да (путем создания ограничителей)
Возможность построения пространственных запросов	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Формирование отчетов	Встроенные средства	Встроенные средства, вывод в Word, Excel	Встроенные средства	Нет	Встроенные средства	Отчет в TXT, Paradox
----------------------	---------------------	--	---------------------	-----	---------------------	----------------------

Скорость работы ГИС «Zulu» с большим объемом графической информации превосходит все геоинформационные системы, представленные в сравнительной таблице.

#### Дополнительные возможности ГИС «Zulu»

- Фильтры по районам;
- Работа с геоданными;
- Работа с SQL серверами;
- Средство разработки собственных приложений;
- Привязка космических снимков и работа с ними;
- Работа с Google;
- Работа с поверхностью земли;
- Построение зоны затопления при весенних паводках;
- Построение профиля местности(трубопроводов);
- Использование WMS, WFS форматов;
- Работа с географическими координатами и проекциями;
- Хранение данных в различных системах координат (Широта/Долгота (WGS 84, ПЗ-90, Пулково 42) (градусы);
- Меркатор (метры);
- Поперечный Меркатор – UTM или Гаусса-Крюгера (метры);
- Отображение данных, хранящихся в разных системах координат на одной карте, в одной из проекций или на глобусе;
- Перевод данных из одной системы координат в другую;
- Привязка данных местной системы координат к глобальной системе координат;
- ГИС Zulu предоставляет возможность работать с Tile-серверами в координатах: EPSG:3395 – WGS 84 / World Mercator на сфероиде. Эта проекция используется такими сервисами как Космоснимки, Яндекс карты, Карты mail.ru (спутник) и др. EPSG:3857 – WGS 84 / Pseudo-Mercator (Spherical Mercator) на сфере. Эта проекция используется такими сервисами как Google, Virtualearth, Maps-For-Free, Wikimapia, OpenStreetMap, Роскосмос, Навител, Nokia и др.;
- Импорт из MapInfo данных в соответствующих проекциях;
- Построение модели рельефа местности по изолиниям и реперным точкам (триангуляция Делоне, с ограничениями, с учетом изолиний);
- По модели рельефа: определение высоты местности в любой точке, отображение рельефа;
- Триангуляционная сетка;
- Отмывка с заданным направлением, высотой и углом освещения;

- Экспозиция склонов;
- Отображение уклонов;
- Построение продольного профиля (разреза) по произвольно заданному пути.

Кроме того, система позволяет получать и отображать на карте пространственные данные с web-серверов. Карты WMS с различных серверов, поддерживающих спецификации WMS (Web Map Service), разработанные Open Geospatial Consortium (OGC).

Данные WMS сервера подключаются к системе в виде особого слоя (слой WMS). Этот слой может отображаться на карте в различных комбинациях с любыми другими слоями.

Программа позволяет работать с данными сервера по спецификациям WMS 1.1.1, WMS 1.3.0 (Web Map Service) и WFS 1.0.0 (Web Feature Service) разработанными OGC (Open Geospatial Consortium).

WEB-служба WMS позволяет отображать слои и карты сервера на клиентах, поддерживающих спецификации WMS, в частности, Zulu, Google Earth, Google Api, Open Layers, Yandex Map, MapInfo, ArcGIS и др.

WEB-служба WFS обеспечивает доступ к векторной и семантической информации сервера для клиентов, поддерживающих данную спецификацию.

В программе предусмотрена возможность создавать макросы на языке программирования Visual Basic Script (VBScript), Java Script (JScript), Microsoft Visual Studio For Applications. Назначение макросов кнопкам интерфейса.

Выполнение SQL запросов к пространственным данным в соответствии со стандартами OGC.

Выборка объектов слоя по различным условиям, включая пространственные отношения.

Создание пользовательских стилей линий, из комбинации штриховых, символьных, текстовых элементов.

### **ZuluServer**

Пространственный фильтр на право доступа к данным. Права доступа к серверным данным для того или иного пользователя или группы пользователей можно ограничить областью, заданной сложным полигоном.

Сервер WMS. ZuluServer 8.0 позволяет работать с данными сервера по спецификациям WMS 1.1.1 и 1.3.0 (Web Map Service), разработанными OGC. Пройдена официальная сертификация в OGC, получен сертификат. Это позволяет работать с данными сервера в любом клиентском приложении, поддерживающем WMS: Zulu, Google



Earth, Google Api, Open Layers, MapInfo, ArcGis Explorer и др.

Сервер WFS. ZuluServer 8.0 позволяет работать с данными сервера по спецификации WFS 1.0.0 (Web Feature Service), разработанными OGC. Пройдена официальная сертификация в OGC.

Авторизация Windows. Автоматическая авторизация на сервере с использованием учетных сведений пользователя Windows, пользователю не нужно постоянно вводить логин и пароль.

Режимы безопасности. Два режима работы – общедоступный и безопасный.

На все программное обеспечение «Zulu» есть авторские права (Авторские свидетельства) и сертификаты соответствия от ГосНИИ «Тест».

В нижеследующей таблице 2-2, в качестве примера, приведено сопоставление программных продуктов, осуществляющих решение задач по расчету систем теплоснабжения – «ZuluThermo» (ООО «Политерм») и ИГС «CityCom-ТеплоГраф» (ИВЦ «Поток»).

**Таблица 2-2 – Сопоставление «ZuluThermo» (ООО «Политерм») и ИГС «CityCom-ТеплоГраф» (ИВЦ «Поток»)**

Название	«ZuluThermo»	ИГС «CityCom-ТеплоГраф»
Разработчик	ПОЛИТЕРМ	ИВЦ «Поток»
	Россия, г. Санкт-Петербург	Россия, г. Москва, Украина, г. Харьков
	politerm.com.ru	www.citycom.ru
Распространенность в России	Высокая	Средняя
Вид деятельности Разработчика	Разработка и продажа программного обеспечения, обучение	Разработка и внедрение программного обеспечения, обучение
Место нахождения разработчика	Россия, Санкт-Петербург	Украина
Архитектура	Клиентская версия, клиент-серверная версия	Клиентская версия, клиент-серверная версия
Вектор и затор	Есть	Есть
Наличие бесплатного просмотрщика (ГИС-вьювер)	Есть, обычный + веб	Нет, привязка к конкретному компьютеру
Поддержка GPS	Есть	Нет
Платформа	Windows 2000/XP/7	Windows 98/2000/XP/7
Интерфейсы и расширения		
Формат картографической базы данных	Собственный	Нет данных
Формат семантической базы данных	Paradox, dBase, Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle	Нет данных
Защита базы данных от несанкционированного доступа	Да, в серверном варианте	Да, в серверном варианте

Оптимизация для работы с SQL-серверами	Да	Да
Поддержка растровых форматов	Файл в формате Windows bitmap (BMP), TIFF, PCX, JPG и т.д.	Нет данных
Поддержка векторных форматов	DXF, MIF/MID, SHP, WMF	Нет данных
Внешний интерфейс	API ActiveX, ODBC, BDE	Нет данных
Внешние модули предоставленные разработчиками	Расчет тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, газовых сетей.	Расчет тепловых, водопроводных, канализационных, газовых сетей.
Реализация разработчиками пожеланий пользователей по развитию ПО	Возможно	Возможно
Реализация элементов концептуальных топологических отношений	Да, в слое тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)	Да, в слое тепловых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)
Наличие механизмов, обеспечивающих быстрый перенос семантических и картографических данных там, где нет телекоммуникаций	Да, через обменный формат	Да, через обменный формат. Только представитель ИВЦ «Поток» за дополнительные деньги
Возможность корректировки условных обозначений по российским стандартам	Да, с небольшими ограничениями	Нет
Возможность работы в системах координат	Плоская (x,y), геодезическая, для отдельных слоев псевдо 3D	Плоская (x,y)
Возможность контроля вводимой информации	Частично (через справочник), и в расчетных задачах	Частично (через справочник), и в расчетных задачах
Возможность построения пространственных запросов	Да	Да
Формирование отчетов	Встроенные средства, вывод в Word, Excel	Встроенные средства
Возможность экспортировать (импортировать) в иные форматы	все имеющиеся	есть ограничения

Таким образом, на основании анализа существующих геоинформационных систем (ГИС), а также программно-расчетных комплексов, можно сделать вывод о том, что программный комплекс «ZuluThermo» является одним из наиболее оптимальных вариантов для разработки Схемы теплоснабжения Кемеровского городского округа.

При создании векторного слоя тепловых сетей г. Кемерово использованы схемы магистральных, распределительных и квартальных тепловых сетей, предоставленные ООО «СГК», филиалом АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания», АО «Теплоэнерго», ОАО «СКЭК».

Векторный слой содержит следующие семантические базы данных:

- геодезические отметки местности;
- водные ресурсы;

- районы административного деления;
- улицы;
- здания и сооружения с адресной привязкой.
- названия тепловых камер;
- длины и диаметры участков трубопроводов тепловых сетей;
- адреса потребителей тепловой энергии;
- тепловые нагрузки потребителей (с разделением на отопительно-вентиляционную и нагрузку горячего водоснабжения).

### **3.1.1. Построение расчетной модели тепловой сети**

При работе в растровой подложке сеть заносится с помощью манипулятора - мыши. При этом формируется расчетная модель.

### **3.1.2. Наладочный расчет тепловой сети**

Целью наладочного расчета является обеспечение потребителей расчетным количеством воды и тепловой энергии. В результате расчета осуществляется подбор элеваторов и их сопел, производится расчет смесительных и дросселирующих устройств, определяется количество, место установки и диаметр дроссельных шайб.

Расчет может производиться при известном располагаемом напоре на источнике и его автоматическом подборе в случае, если заданного напора недостаточно.

В результате расчета определяются расходы и потери напора в трубопроводах, напоры в узлах сети, в том числе располагаемые напоры у потребителей, температура теплоносителя в узлах сети (при учете тепловых потерь), величина избыточного напора у потребителей, температура внутреннего воздуха.

Дросселирование избыточных напоров на абонентских вводах производят с помощью сопел элеваторов и дроссельных шайб. Дроссельные шайбы перед абонентскими вводами устанавливаются автоматически на подающем, обратном или обоих трубопроводах в зависимости от необходимого для системы гидравлического режима. При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками.

Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

### **3.1.3. Поверочный расчет тепловой сети**

Целью поверочного расчета является определение фактических расходов теплоносителя на участках тепловой сети и у потребителей, а также количества тепловой

энергии, получаемой потребителем при заданной температуре воды в подающем трубопроводе и располагаемом напоре на источнике тепла.

Созданная математическая имитационная модель системы теплоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы системы, а также прогнозировать изменение температуры внутреннего воздуха у потребителей.

Расчеты могут проводиться при различных исходных данных, в том числе аварийных ситуациях, например, отключении отдельных участков тепловой сети, передачи воды и тепловой энергии от одного источника к другому по одному из трубопроводов и т.д.

В результате расчета определяются расходы и потери напора в трубопроводах, напоры в узлах сети, в том числе располагаемые напоры у потребителей, температура теплоносителя в узлах сети (при учете тепловых потерь), температуры внутреннего воздуха у потребителей, расходы и температуры воды на входе и выходе в каждую систему теплопотребления. При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями.

Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

#### **3.1.4. Конструкторский расчет тепловой сети**

Целью конструкторского расчета является определение диаметров трубопроводов тупиковой и кольцевой тепловой сети при пропуске по ним расчетных расходов при заданном (или неизвестном) располагаемом напоре на источнике.

Данная задача может быть использована при проектировании новых тепловых сетей или при реконструкции существующих тепловых сетей.

Для более гибкого решения данной задачи предусмотрена возможность задания для каждого участка тепловой сети либо оптимальной скорости движения воды, либо удельных линейных потерь напора.

Кроме того, данная задача может быть использована при выдаче разрешения на подключение новых потребителей к тепловой сети, так как в качестве источника может выступать любой узел системы теплоснабжения, например, тепловая камера.

В качестве источника теплоснабжения может выступать любой узел системы, например, тепловая камера.

Для более гибкого решения данной задачи предусмотрена возможность изменения скорости движения воды по участкам тепловой сети, что приводит к изменению

диаметров трубопровода, а значит и располагаемого напора в точке подключения.

В результате расчета определяются диаметры трубопроводов тепловой сети, располагаемый напор в точке подключения, расходы, потери напора и скорости движения воды на участках сети, располагаемые напоры на потребителях.

### **3.1.5. Расчет требуемой температуры на источнике**

Целью задачи является определение минимально необходимой температуры теплоносителя на выходе из источника для обеспечения у заданного потребителя температуры внутреннего воздуха не ниже расчетной.

### **3.1.6. Коммутационные задачи**

Коммутационные задачи предназначены для анализа изменений вследствие отключения задвижек или участков сети. В результате выполнения коммутационной задачи определяются объекты, попавшие под отключение. При этом производится расчет объемов воды, которые возможно придется сливать из трубопроводов тепловой сети и систем теплоснабжения. Результаты расчета отображаются на карте в виде тематической раскраски отключенных участков и потребителей и выводятся в отчет.

Коммутационные задачи предназначены для анализа изменений вследствие отключения задвижек или участков сети. В результате выполнения коммутационной задачи определяются объекты, попавшие под отключение. При этом производится расчет объемов воды, которые возможно придется сливать из трубопроводов тепловой сети и систем теплоснабжения.

Результаты расчета отображаются на карте в виде тематической раскраски отключенных участков и потребителей и выводятся в отчет.

### **3.1.7. Пьезометрический график**

Целью построения пьезометрического графика является наглядная иллюстрация результатов гидравлического расчета (наладочного, поверочного, конструкторского). Это основной аналитический инструмент специалиста по гидравлическим расчетам тепловых сетей.

В таблице, расположенной под пьезографиком, присутствуют сведения о расходах, длинах, диаметрах и гидравлических потерях на соответствующих участках тепловой схемы.

Строка состояния содержит данные о количестве точек в графике, максимальном напоре на графике, суммарной длине маршрута, типе построения графика.

Также на графике отмечаются:

- метки уровня местности;

- метки на подающей;
- метки на обратной;
- отметки высот зданий;
- нулевой уровня;
- уровень местности;

Пьезометрический график является незаменимым инструментом при калибровке гидравлической модели тепловой сети, поскольку графическая интерпретация гидравлического режима позволяет одновременно качественно и количественно оценить поправки, которые необходимо внести в расчетную модель, чтобы она наиболее адекватно повторяла «гидравлическое поведение» реальной тепловой сети в эксплуатации.

### **3.1.8. Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию**

Целью данного расчета является определение нормативных тепловых потерь через изоляцию трубопроводов. Тепловые потери определяются суммарно за год с разбивкой по месяцам. Просмотреть результаты расчета можно как суммарно по всей тепловой сети, так и по каждому отдельно взятому источнику тепловой энергии и каждому центральному тепловому пункту (ЦТП).

Расчет может быть выполнен с учетом поправочных коэффициентов на нормы тепловых потерь.

## **3.2. База данных электронной модели систем теплоснабжения**

База данных электронной модели представляет собой описание по объектам графической базы. Семантическая база данных представляет собой набор таблиц, информационно связанных друг с другом.

В качестве графической «подложки» при нанесении трасс тепловых сетей использован адресный план г. Кемерово (масштаб 1:500), представленные МУ «Городской информационный центр» и топографические планы (масштаб 1:500), представленные Комитетом по градостроительству и архитектуре администрации Кемерово.

В электронной модели систем теплоснабжения города Кемерово смоделированы магистральные и распределительные тепловые сети, отходящие от источников тепла: котельных АО "Теплоэнерго" и ОАО "СКЭК", Кемеровской ТЭЦ (КемТЭЦ), Кемеровской ГРЭС (КемГРЭС), Ново-Кемеровской ТЭЦ (НК ТЭЦ) ООО «СГК». Потребители тепловой энергии заведены как «обобщенные потребители», подключаемые к тепловым камерам (узлам вне камерных врезок) распределительных сетей без учета конкретных схем подключения каждого абонента.

### 3.3. Структура и состав электронной модели

#### 3.3.1. Общие положения

Тепловая сеть включает в себя следующие основные объекты: источник, участок, потребитель и узлы: центральный тепловой пункт (ЦТП), насосную станцию, запорно-регулирующую арматуру, и другие элементы:

- Источник.
- Участок.
- Вспомогательный участок.
- Потребитель:
  - Потребитель;
  - Обобщенный потребитель.
- Узел:
  - Простой узел;
  - ЦТП;
  - Насосная станция;
  - Задвижка;
  - Перемычка.
  - Дросселирующие устройства:
    - Дроссельная шайба;
    - Регулятор располагаемого напора;
    - Регулятор расхода;
    - Регулятор давления.

#### 3.3.2. Электронная модель

Источник – это символьный объект тепловой сети, моделирующий режим работы котельной или ТЭЦ. В математической модели источник представляется сетевым насосом, создающим располагаемый напор, и подпиточным насосом, определяющим напор в обратном трубопроводе. При работе нескольких источников на сеть один из них может выступать в качестве пиковой котельной.

Участок – это линейный объект, на котором не меняются:

- Диаметр трубопровода;
- Тип прокладки;
- Вид изоляции;
- Расход теплоносителя.

Двухтрубная тепловая сеть изображается в одну линию. Как любой объект сети,

участок имеет разные режимы работы, например, «отключен подающий» или «отключен обратный».

Потребитель – это конечный объект участка, в который входит один подающий и выходит один обратный трубопровод тепловой сети. Под потребителем понимается абонентский ввод в здание. Внутренняя кодировка потребителя зависит от схемы присоединения тепловых нагрузок к тепловой сети. Схемы могут быть элеваторные, с насосным смешением, с независимым присоединением, с открытым или закрытым отбором воды на ГВС. Схемы присоединения имеют разную степень автоматизации подключенной нагрузки, которая определяется наличием регулятора температуры, например, на ГВС, регулятором расхода или нагрузки на систему отопления, регулирующим клапаном на систему вентиляции.

Обобщенный потребитель – символичный объект тепловой сети, характеризующийся потребляемым расходом сетевой воды или заданным сопротивлением. Данный объект удобно использовать, когда возникает необходимость рассчитать гидравлику сети без информации о тепловых нагрузках и конкретных схемах присоединения потребителей к тепловой сети. Например, при расчете магистральных сетей информации о квартальных сетях может не быть, а для оценки потерь напора в магистралях достаточно задать обобщенные расходы в точках присоединения кварталов к магистральной сети. Обобщенный потребитель не всегда является конечным объектом сети. В связи с этим, обобщенный потребитель может быть установлен на транзитном участке.

Простой узел – это символичный объект тепловой сети, например, разветвление трубопровода, смена прокладки, вида изоляции или точка контроля для регулятора.

ЦТП – это символичный элемент тепловой сети, характеризующийся возможностью дополнительного регулирования и распределения тепловой энергии. Наличие такого узла подразумевает, что за ним находится тупиковая сеть, с индивидуальными потребителями.

Насосная станция – символичный объект тепловой сети, характеризующийся заданным напором или напорно-расходной характеристикой установленного насоса. Для задания направления действия насоса направление участков, входящих в него должно совпадать с направлением работы насоса. В насосную станцию обязательно должен входить и выходить только один участок. Если насосы установлены на станции параллельно, но имеют разные марки или характеристики, каждый необходимо изобразить на схеме последовательно работающие насосы, справа: параллельно работающие разные марки насосов справа. Если же насосы установлены параллельно и имеют одинаковые характеристики, то на схеме их можно обозначить одним объектом, задав количество работающих насосов.



Задвижка – это символичный объект тепловой сети, являющийся отсекающим устройством. Задвижка кроме двух режимов работы (открыта, закрыта), может находиться в промежуточном состоянии, которое определяется степенью её закрытия. Промежуточное состояние задвижки должно определяться при её режиме работы «Открыта». В задвижку может входить только один участок и только один участок выходить

Перемычка – это символичный объект тепловой сети, моделирующий участок между подающим и обратным трубопроводами. С помощью перемычек можно моделировать летний режим работы открытых систем централизованного теплоснабжения, в случаях, когда теплоноситель может подаваться к потребителям как по подающему, так и по обратному трубопроводам, без возврата воды на источник. Переходы между подающими и обратными трубопроводами осуществляются через перемычки.

Дроссельная шайба – это символичный объект тепловой сети, характеризуемый фиксированным сопротивлением, зависящим от диаметра шайбы. Для объекта «Вычисляемая шайба» в результате наладочного расчета определяется количество шайб и их диаметр. Для «Устанавливаемой шайбы» необходимо занести информацию о количестве этих устройств и их диаметре.

Регулятор располагаемого напора – это символичный объект тепловой сети, поддерживающий заданный располагаемый напор после себя.

Регулятор расхода – это символичный объект тепловой сети, поддерживающий заданным пользователем расход теплоносителя

Регулятор давления – это символичный объект тепловой сети, поддерживающий заданное давление в трубопроводе «до себя» или «после себя». Регулятор давления, установленный на подающем или обратном трубопроводе, может контролировать давление «до себя» или «после себя». Для того, чтобы указать, как работает регулятор необходимо установить узел контроля (простой узел) и соединить их вспомогательным участком.

Вспомогательный участок – это линейный объект математической модели, имеющий два режима работы. Вспомогательный участок при использовании его с регуляторами давления «до себя» и «после себя» указывают место контролируемого параметра. Вспомогательный участок для ЦТП определяет начало трубопроводов горячего водоснабжения при четырёхтрубной тепловой сети после ЦТП.

### **3.4. Моделирование элементов электронной модели**

#### **3.4.1. Моделирование участков тепловых сетей**

Тепловую сеть можно изображать на карте, с привязкой к местности (по координатам, с привязкой к окружающим объектам), что позволит в дальнейшем не только проводить теплогидравлические расчеты, но и решать другие инженерные задачи, зная точное местонахождение тепловых сетей.

Тепловая сеть может быть изображена схематично, при этом неважно, будут ли координаты узлов (объектов тепловой сети) и углы поворотов (точки перелома участков) введены по координатам с геодезической точностью или обрисованы по подложке. Важно, чтобы нужные объекты тепловой сети (узлы) были соединены участками (дугами). Схематичное изображение модели тепловой сети позволяет быстро провести теплогидравлические расчеты, но не даёт возможности определить местонахождение своих сетей.

В зависимости от выбранного слоя, можно создать участок либо трубопровод. Функции и алгоритм создания полностью совпадают. Разница лишь в том, что в слое "Все типы сетей" можно создавать "Участки", а в остальных слоях – "Трубопроводы".

#### **3.4.2. Моделирование тепловых камер**

Для создания тепловой камеры или узла необходимо в редакторе схемы щелкнуть по кнопке. В нижней части редактора схемы появится функциональная дополнительная панель "ТК и узлы" состоящая из 2 активных кнопок:

- создание тепловой камеры;
- создание теплового узла.

Каждая из этих кнопок имеет в нижнем правом углу маленькую под кнопку (в виде перевернутого маленького треугольника).

При нажатии на эти кнопки появятся дополнительные панели:

- создание тепловой камеры;
- деление участка новой камерой;
- создание новых камер одним щелчком мыши (друг за другом);
- создание теплового узла;
- деление участка новым узлом;
- создание новых узлов одним щелчком мыши (друг за другом).

Нажатием на кнопку создается тепловая камера. После этого щелчком мышки на рабочем полотне, помещается камера на схеме.

Камеру на полотне можно перемещать, как и любой другой объект и допустимо

изменять месторасположение надписи камеры. Для перемещения камеры наведите курсор мыши на полотно схемы и нажмите на левую клавишу мыши и не отпуская ее, продолжайте двигать курсор. Надпись камеры можно переместить, зажав правую клавишу мыши, и не отпуская ее, передвинуть курсор мыши в другое место.

После этого, зафиксируйте тепловую камеру и введите ее наименование в поле “Код” и выберите "Тип" из выпадающего списка.

### **3.4.3. Моделирование насосных станций**

Данный пункт меню приводит к отображению ПНС по принципу: указания характеристики насосов или изменение приходящего напора.

Если у ПНС указаны характеристики насосов, то она рисуется с заливкой. Если у ПНС указано изменение приходящего напора, то она штрихуется в коричневый оттенок.

Если у ПНС не указан ни один из признаков, то она штрихуется в серый оттенок.

### **3.4.4. Моделирование источников**

Для добавления нового элемента - источник необходимо нажать на кнопку.

На панели редактора появятся две дополнительные кнопки:

- кнопка создания нового источника;
- кнопка создания нового ЦТП.

В зависимости от создаваемого вида источника, щелкните на необходимой кнопке. После этого аналогично случаю с добавлением нового потребителя на панели редактора активируется блок с готовыми конфигурациями источников.

Дальнейшие действия при создании нового источника (размещение на полотне схемы, перемещение надписи, вращение, изменение размера и геометрической конфигурации) производятся аналогично потребителю (смотрите пункт “Создание нового потребителя”).

Следовательно, форма паспорта ЦТП включает в себя элементы паспортов потребителя и источника. Основной является страница “Параметры”.

Системы теплоснабжения, установленные в ЦТП, подключаются точно так же, как и у потребителя. И вся информация по каждой системе заносится способом аналогичным потребителю.

Если ЦТП является источником для каких-либо слоев, то следует поставить флажок (галочку) около нужного слоя в блоке “Источник для сетей”. Аналогично описанному выше в разделе "Котельная" алгоритму задать напорные характеристики и температурный график.

### **3.4.5. Моделирование абонентов, абонентских выводов и потребителей**

#### **Создание нового потребителя**

Для создания нового потребителя необходимо нажать на кнопку. После этого панель редактора схемы расширится, и на ней кроме уже знакомых кнопок появится блок кнопок с изображением различных конфигураций объектов. Если в предложенном ряду отсутствует потребитель нужной конфигурации, то ниже присутствует функция по созданию потребителя любой конфигурации.

#### **Выбор конфигурации потребителя**

Вторым действием на пути создания потребителя необходимо выбрать из списка нужную геометрическую конфигурацию потребителя. Для этого наведите курсор мыши на кнопку с изображением будущего объекта и щелкните по ней один раз левой кнопкой мыши.

#### **Создание потребителя с новой конфигурацией**

В случае, когда необходимой геометрической конфигурации потребителя Вы не обнаружили, то можно воспользоваться функцией создания нового. Для этого нажмите на кнопку. Затем, поочередно совершая щелчки левой клавишей мыши на полотне схемы, обозначьте вершины потребителя. То есть, фактически Вы рисуете потребителя, последовательно отмечая его угловые точки, которые автоматически соединяются участками. Точки являются активными и поэтому их всегда можно переместить, наведя на нее курсор мыши, при этом он поменяет свой вид на крестик, зажать левую кнопку мышки и переместить на требуемое место.

#### **Размещение объекта на “полотне” схемы**

Итак, если необходимая конфигурация объекта (из представленного ряда) выбрана, то его можно поместить на “полотно” схемы. Для этого необходимо определить место, где будет располагаться потребитель. Затем произвести одинарный щелчок левой кнопкой мышки на полотне в этом месте. Если все вышеописанные действия произведены правильно, то на полотне должен появиться выбранный Вами потребитель.

Плюс ко всему этому в нижней части редактора схемы активизируется кнопка “Фиксация” и “Отмена”. Теперь следует либо подтвердить фиксацию объекта на полотне, либо отменить. Если нажать кнопку отмены, то потребитель исчезнет с полотна схемы. Если же Вы все-таки решили оставить объект, то нужно заметить, что перед его фиксацией с ним можно совершить еще ряд действий, таких как перемещение, вращение, изменение размера, изменение геометрической конфигурации.

#### **Перемещение надписи потребителя**

После того, как Вы разместили объект на схеме (но еще его не зафиксировали)

форма редактора приобрела немного другой вид. На ней появилась панель для управления расположением надписи наименования потребителя. При помощи стрелочек надпись можно двигать в любом направлении (вверх, вниз, влево, вправо, по диагоналям). Также надпись можно перемещать, нажав правую клавишу мышки и двигая ее в стороны. Расположенная в центре блока стрелок кнопка “Т” позволяет изменять ориентацию надписи с горизонтальной на вертикальную, и наоборот.

#### **Перемещение объекта на полотне схемы**

После появления выбранного объекта на полотне схемы, его месторасположение может не соответствовать желаемому. После создания на рабочем поле потребителя, по умолчанию включен «Режим перемещения».

#### **Перемещение потребителя из одной части полотна в другую при помощи мыши**

Для этого наведите курсор мыши на создаваемый потребитель и нажмите левую клавишу мыши. Не отпуская ее, передвиньте мышь, при этом объект переместится вместе с курсором, и в желаемом месте отпустите клавишу. Объект теперь будет иметь новое месторасположение.

#### **Изменение размера объекта**

Работа в данном режиме позволяет изменять размер объектов типа: потребитель или источник. Изменение может производиться как с сохранением пропорций (изменение масштаба), так и в каком-то одном направлении (по вертикали или горизонтали).

### **3.5. Описание топологической связанности объектов**

Математическая модель представляет собой связанный граф, где узлами являются объекты, а дугами графа – участки тепловой сети. Каждый объект математической модели относится к определенному типу, характеризующему данную инженерную сеть, и имеет режимы работы, соответствующие его функциональному назначению.

При создании слоя тепловой сети через меню Задачи структура слоя создается автоматически. Под структурой сети понимается количество объектов (узлов) и связей (участков), их условные обозначения, количество режимов функционирования каждого объекта и структура таблиц (семантических данных), связанных с этими объектами.

В основе математической модели сети лежит граф. Как известно, граф состоит из узлов, соединенных дугами. В любой сети можно выделить свой набор узловых элементов и дуг. Так в теплоснабжении узлы – это источники, тепловые камеры, потребители, насосные станции, запорная арматура и т.д., а дуги – трубопроводы.



## **4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ЛЮБОЙ СТЕПЕНИ ЗАКОЛЬЦОВАННОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ЕДИНУЮ ТЕПЛОВУЮ СЕТЬ**

### **4.1. Системы теплоснабжения ООО «СГК»**

Теплоснабжение от энергоисточников ООО «СГК» осуществляется по двум системам теплоснабжения, разделенных р. Томь:

- система теплоснабжения левобережной части города;
- система теплоснабжения правобережной части города.

#### **4.1.1. Система теплоснабжения левобережной части г. Кемерово**

Система характеризуется совместной работой двух энергоисточников – Кемеровской ГРЭС (КемГРЭС), Ново-Кемеровской ТЭЦ (НК ТЭЦ) ООО «СГК» на единую тепловую сеть.

Указанные энергоисточники обеспечивают потребителей Центрального, Заводского и Заискидимского теплосетевых районов.

От коллекторов Кемеровской ГРЭС осуществляется отпуск тепла по четырем тепломагистралям: ТМ-I Ду600, ТМ-II Ду600, ТМ-III Ду1000 и ТМ-IV Ду800.

Теплоснабжение от Ново-Кемеровской ТЭЦ происходит по двум магистральным выводам от бойлерных установок: БУ-4, 5, 6 – Ду800 и Ду700.

#### **4.1.2. Система теплоснабжения правобережной части г. Кемерово**

Единственным источником тепловой энергии в рассматриваемой системе централизованного теплоснабжения правобережной части г. Кемерово является Кемеровская ТЭЦ (КемТЭЦ) ООО «СГК».

Зоной покрытия от КемТЭЦ являются потребители Кировского и части Рудничного районов Правобережной части г. Кемерово.

Кемеровская ТЭЦ имеет три вывода магистральных тепловых сетей: ТМ-II Ду500, ТМ-III Ду500, ТМ-IV Ду700. В дополнение к этому, существует условное деление ТМ-III на две тепломагистрали – ТМ-I Ду400 и ТМ-III Ду500, местом разграничения является тепловая камера, находящаяся на удалении порядка 100 м от источника тепловой энергии.

#### **4.1.3. Возможности теплофикационных установок**

**Возможности теплофикационной установки (ТФУ) Кемеровской ГРЭС:**

- 1) По тепловой энергии

Общая теплопроизводительность Кемеровской ГРЭС составляет 1130 Гкал/ч, в том числе:

- БУ-1 (ТМ-II) 160Гкал/ч;
- БУ-2 (ТМ-I) 160Гкал/ч;
- БУ-3 (ТМ-III) 570Гкал/ч;
- БУ-4 (ТМ-IV) 240Гкал/ч.

2) По расходу теплоносителя во внешнюю тепловую сеть

Производительность по воде: в подающем трубопроводе – 11950т/ч, в обратном трубопроводе – 9600 т/ч, в том числе

- БУ-1 (ТМ-II) в подающем 2000 т/ч, в обратном 1600т/ч;
- БУ-2 (ТМ-I) в подающем 1850 т/ч, в обратном 1500т/ч;
- БУ-3 (ТМ-III) в подающем 4100 т/ч, в обратном 3200т/ч;
- БУ-4 (ТМ-IV) в подающем 4000 т/ч, в обратном 3300т/ч.

3) По температуре

Максимальная расчетная температура сетевой воды – 150°С.

4) По давлению:

Максимальное давление сетевой воды на выходе из бойлерных установок для БУ-1 и БУ-2 составляет 11,5 кгс/см<sup>2</sup>, для БУ-3 – 13,5 кгс/см<sup>2</sup> и для БУ-4 – 14,5 кгс/см<sup>2</sup>.

При этом, расчетный напор в подающем трубопроводе на выходе из бойлерных установок равен: БУ-1 и БУ-2 – 110 м вод. ст., для БУ-3, БУ-4 – 133 м вод. ст.

#### **Возможности теплофикационной установки (ТФУ) Ново-Кемеровской ТЭЦ:**

1) По тепловой энергии

Общая теплопроизводительность НК ТЭЦ составляет величину 620 Гкал/ч, в том числе:

- БУ-4: 200 Гкал/ч;
- БУ-5: 200 Гкал/ч;
- БУ-6: 220 Гкал/ч.

2) По расходу теплоносителя во внешнюю тепловую сеть

Производительность по воде в подающем трубопроводе – 7900 т/ч, в том числе:

- БУ-4: 2750 т/ч;



- БУ-5: 2750 т/ч;
- БУ-6: 2400 т/ч.

3) По температуре

Максимальная расчетная температура сетевой воды – 150°С.

4) По давлению

Максимальное давление сетевой воды на выходе из бойлерных установок составляет 16,0 кгс/см<sup>2</sup> (для БУ-5 – 15,0кгс/см<sup>2</sup>).

При этом, расчетный напор в подающем трубопроводе на выходе из бойлерных установок равен: для БУ-4 – 132 м вод. ст., БУ-5 – 131 м вод. ст., для БУ-6 – 136 м вод. ст.

**Возможности теплофикационной установки (ТФУ) Кемеровской ТЭЦ:**

1) По тепловой энергии

Общая теплопроизводительность Кемеровской ТЭЦ составляет 400 Гкал/ч, в том числе:

- основные бойлеры 160Гкал/ч;
- пиковые бойлеры: БУ №2 – 72 Гкал/ч, БУ №3 – 120Гкал/ч;
- подпиточный узел – 48Гкал/ч.

2) По расходу теплоносителя во внешнюю тепловую сеть

Максимальная производительность по воде – 4 000т/ч.

3) По температуре

Максимальная расчетная температура сетевой воды – 150°С.

4) По давлению

Максимальное давление сетевой воды на выходе из бойлерной установки 17 кгс/см<sup>2</sup>. Расчетный напор в подающем трубопроводе на выходе из бойлерной установки - 123 м.вод.ст., расчетный напор в обратном трубопроводе на входе в бойлерную установку – 60 м.вод.ст. Располагаемый напор на выводах Кемеровской ТЭЦ – 100 м.вод.ст.

Производительность ХВО и подпиточного узла, работающей на внешнюю тепловую сеть – 785 т/ч. При этом, в паводковый период производительность ХВО ограничена величиной 650 т/ч.

**4.1.4. \_\_\_\_\_ Температурный график**

Бойлерные установки № 1, 2, 3 КемГРЭС, и бойлерные установки №3, 4, 5 НКТЭЦ работают по температурному графику 150-70°С со срезкой на 130°С и спрямлением для горячего водоснабжения (ГВС) 70°С. Бойлерная установка № 4 КемГРЭС работает по повышенному графику со срезкой 145°С.

Работа БУ-4 КемГРЭС по повышенному температурному графику с последующим смещением в точке КС3-3 с сетевой водой более низкой температуры обусловлена отсутствием требуемого количества тепла в Заискитимском районе города при низких температурах наружного воздуха (при  $t_{н.в.} < \text{минус } 5^{\circ}\text{C}$ ).

При сложившейся структуре теплоснабжения города Кемерово от КГРЭС и НКТЭЦ невозможно обеспечить подачу необходимого количества тепла во все районы города из-за недостаточной пропускной способности существующих трубопроводов.

Утвержденный эксплуатационный температурный график на Кемеровской ТЭЦ – 150/70°C со срезкой на 130°C и спрямлением для горячего водоснабжения 70°C.

На основании сопоставления фактического и расчетного температурного графика отпуска тепловой энергии для рассматриваемых источников тепловой энергии, можно сделать следующие выводы:

1. Основное требование нормативно-руководящих документов, предъявляемое к значению температуры сетевой воды в подающем трубопроводе на выводах с источников тепловой энергии при качественном регулировании отпуска тепловой энергии, практически выполняется в диапазоне температур наружного воздуха при  $t_{н.в.} > \text{минус } 15^{\circ}\text{C}$ ;

2. наблюдается срезка утвержденного температурного графика при температурах наружного воздуха  $t_{нв} < \text{минус } 26^{\circ}\text{C}$  на уровне 130°C.

Предположительно, срезка температурного графика по температуре теплоносителя в подающих трубопроводах вызвана ограниченной компенсирующей способностью магистральных и распределительных тепловых сетей, а также существующих компенсаторов и опор трубопроводов, в условиях температурных деформаций.

В соответствии с нормативно-руководящими документами, срезка температурного графика при качественном регулировании не допускается, однако, следует отметить, что длительность стояния температур наружного воздуха ниже минус 26°C в районе г. Кемерово составляет порядка 14 дней в течение всего отопительного периода (~4 % от продолжительности отопительного периода).

Кроме того, число часов стояния температур наружного воздуха ниже минус 26°C обычно распределено несколькими периодами в течение всего отопительного сезона.

3. фактические температуры сетевой воды в подающих трубопроводах в диапазоне низких температур наружного воздуха ниже минус 15°C не соответствуют утвержденному температурному графику, то есть температурный график 150/70°C соблюдается только в диапазоне температур наружного воздуха выше минус 15°C.

4. фактическая температура обратной сетевой воды, поступающей на рассматриваемые источники тепловой энергии, в интервале температур наружного

воздуха выше минус 26°С характеризуется повышенными значениями по сравнению с расчетным температурным графиком, в среднем на 9°

Данный факт свидетельствует о гидравлической разрегулировке системы теплоснабжения, а также, возможно, о том, что теплопотребляющие установки не обеспечивают необходимый теплосъем, по всей вероятности, из-за загрязнения абонентских систем. Кроме того, проектные тепловые нагрузки зданий и сооружений являются завышенным

Следует отметить, что при работе оборудования ТЭЦ по тепловому графику развиваемая мощность в значительной мере зависит от уровня температуры обратной сетевой воды. Повышенная температура поступающей на ТЭЦ обратной сетевой воды приводит к повышению давления в теплофикационных отборах, что приводит к разгрузке турбины, как по отпуску тепла, так и по выработке электроэнергии, то есть, происходит снижение экономичности и энергоэффективности турбоустановки.

#### **4.1.5. Фактический режим работы системы теплоснабжения**

Энергоисточники системы централизованного теплоснабжения левобережной части города (Кемеровская ГРЭС (КемГРЭС), Ново-Кемеровская ТЭЦ (НКТЭЦ) осуществляют отпуск тепла по кольцевой схеме без выделения зон их действия, режимы их работы гидравлически взаимосвязаны.

От коллекторов Кемеровской ГРЭС осуществляется отпуск тепла по четырем тепломагистралям:

- ТМ-I диаметром Ду600, ТМ-II диаметром Ду600 – потребителям Центрального района;
- ТМ-III диаметром Ду1000 - в Заводский район, а также, опосредованно, части потребителей Ленинского и Центрального районов (характеризуется совместной работой с тепломагистралями от НКТЭЦ);
- ТМ-IV диаметром Ду800 - части потребителей Центрального и Заисkitимского теплосетевых районов.

Теплоснабжение от НКТЭЦ осуществляется по двум магистральным выводам от бойлерных установок №3,4,5. Основными зонам теплоснабжения НКТЭЦ являются Заводский, Ленинский и часть Центрального района.

Ново-Кемеровская ТЭЦ является наиболее удаленным источником тепловой энергии от зоны массовой застройки г. Кемерово. Протяженность магистральных тепловых сетей в двухтрубном исчислении до зоны с высокой плотностью тепловой нагрузки составляет порядка 5,7 км. Протяженность тепломагистралей ТМ-V и ТМ-VI НКТЭЦ до Ленинского

района ориентировочно составляет 13,3 км.

Кроме того, от ПНС ЗВК отходит тепломагистраль ТМ-VIII диаметром Ду800, которая работает в совместном режиме с ТМ-IV КГРЭС по «схеме смешения» в КСЗ-3. Циркуляция теплоносителя осуществляется через подкачивающую насосную станцию на ПНС ЗВК.

Следует отметить, что базовыми источниками тепловой энергии являются Кемеровская ГРЭС и Ново-Кемеровская ТЭЦ.

Однако, сложившаяся к настоящему времени структура системы теплоснабжения, при которой основные источники тепла (КемГРЭС и НКТЭЦ) не могут обеспечить подачу требуемого количества тепла во все районы города из-за недостаточной пропускной способности существующих трубопроводов, обусловила необходимость работы тепломагистрали ТМ-IV КемГРЭС по повышенному температурному графику с последующим смешением этой сетевой воды и сетевой воды от ПНС ЗВК в точке КСЗ-3 (пр. Московский).

Оценка фактического режима работы источников тепловой энергии КемГРЭС, НКТЭЦ при низких температурах наружного воздуха произведена на основании теплогидравлических расчетов системы централизованного теплоснабжения левобережной части города с учетом сведений суточных ведомостей ООО «СГК» и сведений по параметрам теплового и гидравлического режимов работы тепловых сетей и установленного в тепловой сети оборудования (насосных станций, регуляторов давления и расхода).

Параметры фактического гидравлического режима работы на тепловых выводах с рассматриваемых источников тепловой энергии при низких температурах наружного воздуха (ниже – 20°C) приведены в таблице Таблица 12 -3

**Таблица 12-3 Сведения о расчетных параметрах теплоносителя Кемеровской ГРЭС и Ново-Кемеровской ТЭЦ**

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°С		кгс/см <sup>2</sup>	
Кемеровская ГРЭС							
Тепломагистраль №1	112,16	1600	1360	130	70	8,7	2,9
Тепломагистраль №2	104,53	1490	1280	130	70	8,7	3,2
Тепломагистраль №3	191,83	2690	2830	130	70	12,0	2,5
Тепломагистраль №4	328,49	4150	3455	145	70	12,0	3,2
<b>Итого:</b>	<b>737,0</b>	<b>9930</b>	<b>8925</b>				
Ново-Кемеровская ТЭЦ							
Тепломагистраль №4	127,1	1790	1790	130	70	13,1	3,7
Тепломагистраль №5	126,1	1800	1520	130	70	12,8	3,6
Тепломагистраль №6	141,3	1990	1990	130	70	12,8	3,4
<b>Итого:</b>	<b>394,5</b>	<b>5580</b>	<b>5300</b>				

От коллекторов Кемеровской ТЭЦ осуществляется отпуск тепла по четырем тепломагистралям:

- ТМ-II диаметром Ду500, обеспечивающей теплоснабжение Кировского района;
- ТМ-III диаметром Ду500. Дополнительно существует условное деление ТМ- III на две тепломагистрали – ТМ-I Ду400 и ТМ-III Ду500 посредством которых осуществляется теплоснабжение Кировского района;
- ТМ-IV диаметром Ду700, обеспечивающей централизованное теплоснабжение части Кировского и части Рудничного районов (севернее пр. Кузбасский) г. Кемерово.

Оценка фактического режима работы источника тепловой энергии КТЭЦ, при низких температурах наружного воздуха произведена на основании теплогидравлических расчетов системы централизованного теплоснабжения правобережной части г. Кемерово, выполненных в программном комплексе «ZuluThermo» с учетом сведений суточных ведомостей ОАО «Кузбассэнерго» и сведений по параметрам теплового и гидравлического режимов работы тепловых сетей и установленного в тепловой сети оборудования (насосных станций, регуляторов давления и расхода).

Параметры фактического гидравлического режима работы на тепловых выводах Кемеровской ТЭЦ при низких температурах наружного воздуха (ниже минус 20°C) приведены в таблице Таблица 12 -4

**Таблица 12-4 Сведения о расчетных параметрах теплоносителя Кемеровской ТЭЦ**

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°С		кгс/см <sup>2</sup>	
Кемеровская ТЭЦ							
Тепломагистраль №1 и №3	56,8	780	1020	130	70	8,8	2,5
Тепломагистраль №2	82,9	1185	980	130	70	8,8	2,5
Тепломагистраль №4	83,7	1205	900	130	70	11,2	7,0
<b>Итого:</b>	<b>223,5</b>	<b>3170</b>	<b>2900</b>				

Следует отметить, что указанные значения расходов сетевой воды не являются стабильными и меняются в определенных диапазонах в зависимости от температуры наружного воздуха, а также гидравлического режима работы многокольцевых тепловых сетей рассматриваемой системы теплоснабжения.

В таблице Таблица 12 -3 приведены параметры теплоносителя в узлах насосных станций и ЦТП.

**Таблица 12-5 Параметры теплоносителя в узлах насосных станций и ЦТП**

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°С		кгс/см <sup>2</sup>	
Насосная станция №...1	294	4190	3545	130	70	5,3/9,5	4,0/4,4
Насосная станция №...2	40	500	1215	130	70	7,7/9,8	3,9/8,3
Насосная станция №...3	20	285	175	130	70	5,6/7,5	3,8/6,0

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°С		кгс/см <sup>2</sup>	
Насосная станция №...5	25	340	500	130	70	7,5/10,2	3,6/6,0
Насосная станция №...8	290	4150	3455	130	70	6,5/11,2	3,8/8,4
Насосная станция №...9	599	8470	8065	130	70	10,0/10,0	1,9/6,5
Насосная станция №...10	171	2430	2220	130	70	7,3/11,6	5,6/5,6
Насосная станция ...ЗВК Ду700	40	500	1250	130	70	7,8	4,5
Насосная станция ЗВК Ду800	84	1250	500	130	70	8,5	5,0
Насосная станция №...12	11	155	117	130	70	5,1	3,7
Насосная станция №...55	20	286	254	130	70	8,5	5,1
Насосная станция №...4	6	75	185	130	70	5,0/5,0	1,5/3,6
Насосная станция №...11	72	1030	900	130	70	4,2/13,7	4,0/10,4
ЦТП-15-1	6	90	57	130	70	7,3	4,6
ЦТП-15-2	8	115	57	130	70	7,6	4,6
ЦТП-15-3	10	153	82	130	70	7,0	2,8
ЦТП-18-1	12	169	98	130	70	8,0	5,5
ЦТП-18-2	14	204	122	130	70	8,0	5,5
ЦТП-23-1	11	155	88	130	70	7,0	5,0
ЦТП-23-2	8	122	74	130	70	7,0	5,0
ЦТП-25-1	13	190	102	130	70	6,6	4,5
ЦТП-25-2	12	170	96	130	70	6,6	4,6
ЦТП-27-1	15	225	127	130	70	7,5	5,0
ЦТП-27-2	14	203	125	130	70	7,5	5,0
ЦТП-24-26	65	947	577	130	70	7,5	5,2
ЦТП-10	9	123	94	130	70	6,4	3,5
ЦТП-14	19	270	193	130	70	6,7	3,5
ЦТП-52-1	9	135	73	130	70	6,0	4,0
ЦТП-59	33	478	374	130	70	8,5	4,2
ЦТП-60	32	455	366	130	70	7,6	3,7
ЦТП ФПК	13	182	109	130	70	6,5	4,0
ИТП-29	4	56	32	130	70	6,5	4,5

Необходимо указать, что в г. Кемерово переключение горячего водоснабжения из подающего трубопровода на обратный трубопровод, при достижении определенной температуры наружного воздуха, не производится.

При качественном регулировании отпуска тепловой энергии с источника теплоты в системе централизованного теплоснабжения, максимальный расход сетевой воды в тепловой сети характеризует переходный режим работы. Гидравлические параметры переходного режима работы рассматриваемой системы теплоснабжения, при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода, приведены в таблице

Очевидно, что параметры гидравлического режима работы системы централизованного теплоснабжения переходного периода и существующего зимнего

периода при низких температурах наружного воздуха практически идентичны друг другу. В связи с этим, дальнейший анализ режимов работы рассматриваемой системы теплоснабжения проводится на основании математической модели, приближенной к действительности и созданной на основании существующих параметров режима работы СЦТ.

### **Режим работы магистральных тепловых сетей**

Тепловые сети двухтрубные и имеют многокольцевую структуру теплопроводов. Основным фактором, определяющим сложную структуру тепловых сетей, является наличие в системе теплоснабжения открытого водоразбора.

Максимальная разность геодезических отметок составляет 130 м. При этом, максимальная величина геодезической отметки характерна для Рудничного района.

Для поддержания нормального гидравлического режима в тепловой сети работает две повысительные насосные станции (ПНС) ПНС-4 (на подающем трубопроводе) и ПНС-11 (на подающем трубопроводе).

Основная особенность гидравлического режима открытых систем теплоснабжения заключается в том, что при наличии водоразбора расход воды в обратной линии тепловой сети меньше расхода в подающей линии, отличающейся на величину водоразбора. Изменение водоразбора вносит свои изменения в потокораспределение по тепловой сети и соответствующее положение пьезометрического графика.

Данное обстоятельство приводит к нерасчетному режиму работы тепловых сетей, систем теплоснабжения и всей системы в целом в суточном разрезе. Гидравлический режим определяется характеристиками основных элементов системы теплоснабжения: водоподогревательная установка источников тепловой энергии с сетевыми насосами, тепловая сеть с установленными на ней насосными станциями и теплоснабжающие установки.

Для совместной работы источников тепловой энергии и насосно-перекачивающих станций в системе теплоснабжения и поддержания нормального гидравлического режима предусмотрена автоматизация каждого из этих элементов, обеспечивающая регулирование гидравлических параметров.

Кроме того, схема автоматизации учитывает переход ПНС на статический режим при аварийных остановках источников тепловой энергии и других ПНС, включение резервных насосов.

Для организации гидравлического режима работы магистральных тепловых сетей в отопительный период предусмотрено следующее секционирование (Таблица 12 -6).

### **Таблица 12-6 Секционирование магистральных тепловых сетей**

<b>Тепловая камера, в которой осуществляется секционирование</b>	<b>по трубопроводу</b>	<b>Диаметр участка</b>
в НО-III-17 в сторону НО-III-17/1	по подающему и обратному	Ду500
в ТК-II-34 в сторону ТК-II-35	по подающему	Ду400
в ТК-III-47/3 в сторону КРП кв. 21А	по обратному	Ду200
в ТК-III-47 в сторону ТК-III-47/3	по подающему	Ду500
в точке «А» (Узел 1) в сторону в ТК-III-47	по обратному	Ду500
в ТК-II-36/2 в сторону ТК-II-36/2'	по обратному	Ду400
в ТК-II-36/2 в сторону ПНС-4	по подающему	Ду400

При этом, на указанных участках тепловой сети организован минимальный проток теплоносителя для предотвращения замерзания сетевой воды.

Теплогидравлические расчеты системы централизованного теплоснабжения выполнены на основе предоставленных филиалом АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания» характеристик по длинам и диаметрам участков магистральных трубопроводов тепловых сетей.

Существующие перемычки между тепломагистралями приведены в нижеследующей таблице(Таблица 12 -7)

**Таблица 12-7 Перемычки между тепломагистралями**

<b>Наименование гидравлически связанных тепломагистралей</b>	<b>Тепловые камеры, в которых осуществляется смещение теплоносителя из разных тепломагистралей</b>	<b>Диаметр и протяженность перемычки *</b>	<b>Перемычка по трубопроводу</b>
ТМ-I и ТМ-II	ТК-I-82 (точка схода разнонаправленных потоков в подающем трубопроводе)	Ду300	по подающему и обратному
ТМ-I и ТМ-II	ТК-I-47 (точка схода разнонаправленных потоков в подающем трубопроводе)	Ду500	по подающему и обратному
ТМ-II и ТМ-IV	ТК-II-35	Ду400	по обратному
ТМ-II и ТМ-IV	ТК-II-36/2	Ду200	по подающему
ТМ-III и ТМ-IV	ТК-III-35	Ду500	по подающему и



Для оценки существующего режима работы системы передачи и распределения тепловой энергии от генерирующих источников теплоты до потребителей были проанализированы результаты расчетов режимов работы системы централизованного теплоснабжения, выполненных на базе программного комплекса «ZuluThermo».

Моделирование существующего фактического теплового и гидравлического режимов работы системы теплоснабжения выполнялось с учетом следующих положений:

1) Величины расходов сетевой воды по отдельным участкам трубопроводов тепловых сетей, а также потокораспределение по всей системе теплоснабжения в целом, определялись на основании сведений, предоставленных филиалом АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания», путем внесения поправочных коэффициентов.

2) Значения гидравлических сопротивлений участков трубопроводов тепловой сети определялись путем пересчета при известных значениях расхода теплоносителя по участкам тепловой сети и величины падения напора на основании предоставленных филиалом АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания» сведений по давлениям в подающем и обратном трубопроводах в характерных точках тепловой сети.

Параметры, характеризующие фактический режим работы на насосных станциях в тепловых сетях Кемеровской ТЭЦ, на основании которых производились гидравлические расчеты системы теплоснабжения приведены в составе таблицы Таблица 12 -5

### **Режим работы ПНС**

ПНС-4 расположена в Кировском районе и предназначена в отопительный период для создания необходимого располагаемого напора за счет повышения давления в подающем трубопроводе и поддержания необходимого давления в обратном трубопроводе тепловых сетей микрорайонов №21, 21А,31.

В соответствии со схемой внешнего электроснабжения ПНС и ЗВК, ПНС-4 подключена к Кемеровской ТЭЦ через РП-18 по линии напряжением 10 кВ.

Принципиальная схема ПНС-4 представлена на рис. Рисунок 6 -1

### Рисунок 6-1 Принципиальная схема ПНС-4

Состав насосного оборудования ПНС-4 приведен в таблице Таблица 12-8

**Таблица 12-8 Состав оборудования ПНС**

№	Номинальные характеристики									
	насоса				электродвигателя насоса					
	Марка насоса	Произв в, т/ч	Напор, м	Диам. раб. кол, мм	Напряжение, В	Мощн, кВт	Ток, А	Част. вр, об/мин	cosφ	КПД, %
1	НКУ-140-49	140	49	---	380	45	84	1450	0,87	94,2
2	НКУ-140-49	140	49	---	380	45	84	1450	0,87	94,2
3	НКУ-140-49	140	49	---	380	45	84	1450	0,87	94,2
4	НКУ-140-49	140	49	---	380	45	84	1450	0,87	94,2

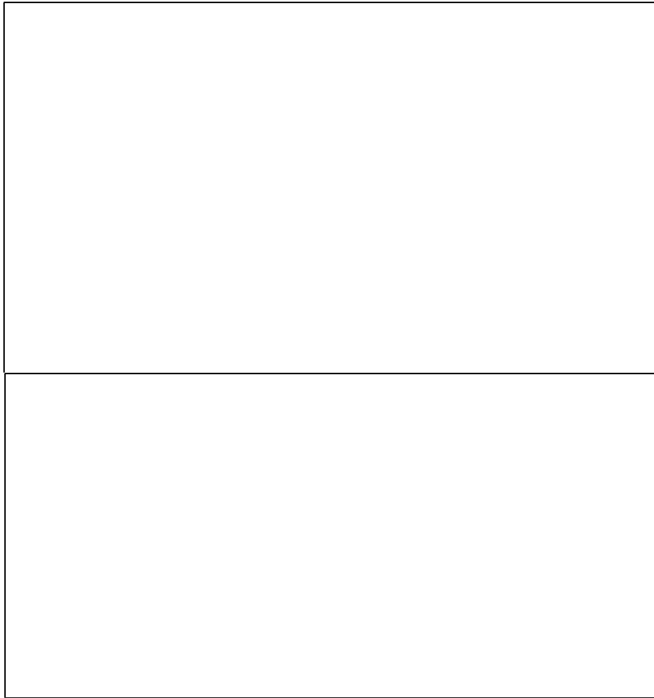
Год пуска насосных агрегатов в эксплуатацию 1994 г. Последний ремонт насосного оборудования произведен в 2008г.

На ПНС-4 установлены регулирующие клапаны:

- на подающем трубопроводе РК №2 Ду300 по схеме «после себя»;
- на обратном трубопроводе РК №1 Ду300 по схеме «до себя».

Регуляторы давления на подающем и обратном трубопроводе ПНС-4 в отопительный период находятся в работе.

Напорно-расходная характеристика сетевых насосов НКУ-140м-49 приведена на рис. Рисунок 6-2



**Рисунок 6-2 Характеристика насоса НКУ 140м-49**

Насосное оборудование ПНС-4 не находится в работе. Основная технологическая функция ПНС-4 заключается в поддержании необходимого давления сетевой воды в обратном трубопроводе со стороны потребителей микрорайонов №21, 21А, 31 на уровне 3,6 кгс/см<sup>2</sup>.

При повышении давления в обратном трубопроводе ПНС-4 «верхней зоны» до значения 4,2 кгс/см<sup>2</sup> предусмотрено срабатывание на открытие задвижки №22.

**Параметры работы насосного оборудования**

ПНС-11 расположена в Кировском районе и предназначена в отопительный период для создания необходимого располагаемого напора за счет повышения давления в подающем трубопроводе и поддержания давления в обратном трубопроводе со стороны

потребителей «верхней зоны» Рудничного района.

Принципиальная схема ПНС-11 представлена на рис. Рисунок 6-3

### Рисунок 6-3 Принципиальная схема ПНС-11

Состав насосного оборудования на подающем трубопроводе ПНС-11, участвующего в перекачке сетевой воды в отопительный период, приведен в таблице ниже (Таблица 12-9)

Таблица 12-9 Состав насосного оборудования ПНС

№	Номинальные характеристики									
	насоса				электродвигателя насоса					
	Марка насоса	Произв в, т/ч	Напор, м	Диам. раб. кол, мм	Напряжение, В	Мощность, кВт	Ток, А	Част. вр, об/мин	cosφ	КПД, %
1	СЭ1250-140-11	1250	140	475	6000	512	74	1500	0,87	94,2
2	СЭ1250-140-11	1250	140	475	6000	512	74	1500	0,87	94,2
3	СЭ1250-140-11	1250	140	475	6000	512	74	1500	0,87	94,2
4	ТР-100-	180	1	---	380	110	2	2980	0,87	9

	1680/2		5 0				6 0			4, 2
5	TP-100-1680/2	180	1 5 0	---	380	110	2 6 0	2980	0,87	9 4, 2
6	TP-100-1680/2	180	1 5 0	---	380	110	2 6 0	2980	0,87	9 4, 2
7	TP-100-1680/2	180	1 5 0	---	380	110	2 6 0	2980	0,87	9 4, 2

Год пуска насосных агрегатов в эксплуатацию: СН-1, 2, 3 – 2008 г., СН-4, 5, 6, 7 – 2007 г.

Сетевые насосы на ПНС-11 оборудованы частотно-регулируемым приводом. На ПНС-11 установлены регулирующие клапаны:

- на подающем трубопроводе РК №1 Ду800 по схеме «после себя»;
- на обратном трубопроводе РК №2 Ду800 по схеме «до себя».

Регуляторы давления на подающем и обратном трубопроводе ПНС-11 в отопительный период находятся в работе.

На момент обследования 24.04.2012 г., на ПНС-11 в работе находился один насос на подающем трубопроводе СН-2. Расход сетевой воды через насос составлял 450 т/ч.

При этом, давления в трубопроводах на момент обследования в подающем трубопроводе «верхней зоны»  $P_v = 13,6$  кгс/см<sup>2</sup>, «нижней зоны»  $P_n = 4,2$  кгс/см<sup>2</sup>.

Давление на всасе сетевого насоса СН-2 определялось величиной 3,8 кгс/см<sup>2</sup>, давление на нагнетании – 14,5 кгс/см<sup>2</sup>. Напор, развиваемый насосом, составил 107 м. Следует отметить, что при отсутствии ЧРП насос СЭ1250-140-11 при расходе 450 т/ч способен создать напор 165 м. Таким образом, при фактически сложившемся гидравлическом режиме работы тепловых сетей, происходит значительная экономия электроэнергии за счет внедрения на ПНС-11 частотно-регулируемого привода.

Параметры работы насосного оборудования ПНС-11 на 24.04.2012г. приведены в нижеследующей таблице (Таблица 12 -10)

**Таблица 12-10 Параметры работы насосного оборудования**

Марка насоса	Давление, кгс/см <sup>2</sup>		Расход воды через насос, т/ч	Напор насоса, м	Токовая нагрузка, А
	на всасе	на нагнетание			
СЭ1250-140-11	3,8	14,5	450	107	30,1

Полученный в результате теплогидравлического расчета существующего режима работы системы теплоснабжения среднесуточный расход сетевой воды, перекачиваемый

сетевыми насосами на ПНС-11 в отопительный период в подающем трубопроводе 637 т/ч.

Расчетный расход сетевой воды в подающем трубопроводе на ПНС-11, определенный на основании температурного графика 150/70°C и проектных (договорных) тепловых нагрузок абонентов, равен 505т/ч.

Относительная разница между фактическим и расчетным значением расхода сетевой воды в подающем трубопроводе ПНС-11 равна 21%.

При этом, расчетные давления сетевой воды на ПНС-11:

- в подающем трубопроводе для «верхней зоны» 13,9 кгс/см<sup>2</sup>, для «нижней зоны» 5,8 кгс/см<sup>2</sup>;
- в обратном трубопроводе для «верхней зоны» 10,2 кгс/см<sup>2</sup>, для «нижней зоны» 3,3 кгс/см<sup>2</sup>.

При повышении давления в обратном трубопроводе «верхней зоны» до значения 12,2 кгс/см<sup>2</sup> на ПНС-11 предусмотрено срабатывание сбросного клапана.

Кроме того, при останове сетевых насосов СН-1, 2 и 3 (либо выходе из работы ЧРП) и повышении давления в подающем трубопроводе «нижней зоны» до 8,0 кгс/см<sup>2</sup> срабатывает АВР на включение сетевых насосов СН-4, 5, 6.

Существующий гидравлический режим работы ПНС-11 характеризуется низкой загрузкой насосного оборудования. Однако, негативные последствия, связанные с данным обстоятельством, минимизируются за счет использования частотно- регулируемого привода на сетевых насосах.

### **Режим работы распределительных тепловых сетей**

Тепловые сети двухтрубные и имеют многокольцевую структуру теплопроводов. Основным фактором, определяющим сложную структуру тепловых сетей, является наличие в системе теплоснабжения открытого водоразбора.

Распределительные (квартальные) тепловые сети в рассматриваемой системе теплоснабжения находятся на балансе филиала АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания».

В распределительных тепловых сетях установлены контрольно- распределительные пункты (КРП) и центральные тепловые пункты (ЦТП). Перечень данных тепловых пунктов, находящихся на балансе филиала АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания» представлен в таблице Таблица 12 -5

Схема присоединения местных систем отопления через данные тепловые пункты - зависимая, по температурному графику 150/70°C. Указанные КРП оборудованы регуляторами температуры горячего водоснабжения.

Далее приведены характеристики распределительных (квартальных) тепловых сетей,

а также установленного на них насосного оборудования тепловых пунктов и насосных станций, по микрорайонам, находящихся на балансе филиала АО «Кузбассэнерго»-«Кемеровская теплосетевая компания».

Следует отметить, что в нижеследующем описании распределительных тепловых сетей указаны основные микрорайоны массовой застройки, а также только те тепловые камеры, от которых отходят основные ответвления трубопроводов тепловых сетей в рассматриваемый микрорайон.

### **Расчетный режим работы системы теплоснабжения**

Расчетный режим системы централизованного теплоснабжения рассчитан на основании полной электронной модели СЦТ, включающей в себя как магистральные тепловые сети, так и распределительные (квартирные) тепловые сети до тепловых вводов абонентов по расчетным расходам сетевой воды.

Гидравлические параметры расчетного режима работы рассматриваемой системы теплоснабжения приведены в таблицах (Таблица 12 -3,Таблица 12 -4 ,Таблица 12 -5)

### **Зимний режим работы системы теплоснабжения**

Зимний теплогидравлический режим системы централизованного теплоснабжения правобережной части г. Кемерово определен при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода.

Для организации расчетного гидравлического режима работы магистральных тепловых сетей в отопительный период предусмотрено следующее секционирование (Таблица 12 -12)

**Таблица 12-11 Параметры зимнего режима работы**

Тепломагистраль (бойлерные установки)	Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
	Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль II (БУ-1)	10,5	2,6	1 328	982
Тепломагистраль I и III (БУ-2)	9,8	3,0	704	909
Тепломагистраль IV (БУ-2)	10,4	7,0	728	450
<b>Итого от Кемеровской ТЭЦ:</b>			<b>2 759</b>	<b>2 340</b>

**Таблица 12-12 Секционирование магистральных тепловых сетей**

Тепловая камера, в которой осуществляется секционирование	по трубопроводу	Диаметр участка

в НО-III-17 в сторону НО-III-17/1	по подающему и обратному	Ду500
в ТК-II-34 в сторону ТК-II-35	по подающему	Ду400
в ТК-III-47/3 в сторону КРП кв. 21А	по обратному	Ду200
в ТК-III-47 в сторону ТК-III-47/3	по подающему	Ду500
в точке «А» (Узел 1) в сторону в ТК-III-47	по обратному	Ду500
в ТК-II-36/2 в сторону ТК-II-36/2'	по обратному	Ду400
в ТК-II-36/2 в сторону ПНС-4	по подающему	Ду400

При этом, на указанных участках тепловой сети организован минимальный проток теплоносителя для предотвращения замерзания сетевой воды.

### **Переходный режим работы системы теплоснабжения**

Переходный теплогидравлический режим системы централизованного теплоснабжения правобережной части г. Кемерово определен при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода.

Для организации переходного гидравлического режима работы магистральных тепловых сетей в отопительный период предусмотрено следующее секционирование  
Таблица 12 -13

При этом, на указанных участках тепловой сети организован минимальный проток теплоносителя для предотвращения замерзания сетевой воды.

**Таблица 12-13 Секционирование магистральных тепловых сетей**

<b>Тепловая камера, в которой осуществляется секционирование</b>	<b>по трубопроводу</b>	<b>Диаметр участка</b>
в НО-III-17 в сторону НО-III-17/1	по подающему и обратному	Ду500
в ТК-II-34 в сторону ТК-II-35	по подающему	Ду400
в ТК-III-47/3 в сторону КРП кв. 21А	по обратному	Ду200
в ТК-III-47 в сторону ТК-III-47/3	по подающему	Ду500
в точке «А» (Узел 1) в сторону в ТК-III-47	по обратному	Ду500
в ТК-II-36/2 в сторону ТК-II-36/2'	по обратному	Ду400
в ТК-II-36/2 в сторону ПНС-4	по подающему	Ду400



**Таблица 12-14 Параметры ПНС в переходном режиме**

Насосная станция		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающе м	Обратном	Подающ ем	Обратном
ПНС-4	нижняя зона	6,1	1,8	0	229
ПНС-4	верхняя зона	6,1	3,6		
ПНС-11	нижняя зона	3,6	3,6	503	494
ПНС-11	верхняя зона	15,6	10,7		

### **Летний режим работы системы теплоснабжения**

Покрытие нагрузки горячего водоснабжения в летний период осуществляется от Кемеровской ТЭЦ по тупиковой схеме, без циркуляции теплоносителя.

Организация горячего водоснабжения потребителей Кировского района от Кемеровской ТЭЦ возможна несколькими способами, в зависимости от графика проведения испытаний на прочность и плотность тепловых сетей:

- совместная работа тепломагистралей ТМ-III (от КТЭЦ до ТК-III-47) и ТМ-II (от ТК-II-20 до ТК-II-36) на горячее водоснабжение. При этом, давление воды на выходе с КТЭЦ равно 6,5 кгс/см<sup>2</sup>, среднечасовая величина подпитки 200 т/ч (максимальная 300 т/ч). В данной режиме производятся испытания тепломагистралей ТМ-II (от КТЭЦ до ТК- II-20) и ТМ-I (от, НО-3 доТК-II-13).
- совместная работа тепломагистралей ТМ-II (от КТЭЦ до ТК-II-20) и ТМ-I (от, НО-3 до ТК-II-13) на горячее водоснабжение. При этом, давление воды на выходе с КТЭЦ равно 7,5 кгс/см<sup>2</sup>, среднечасовая величина подпитки 300 т/ч (максимальная 450 т/ч). В данном режиме производятся испытания ТМ-III(отКТЭЦчерезТК-III-47доТК-II-35), ТМ-II (от ТК-II-20 до ТК-II-36) и ТМ-IV (от КТЭЦ до ТК-IV-10).
- совместная работа тепломагистралей ТМ-I, ТМ-II и ТМ-III. Режим без проведения испытаний на прочность и плотность тепловых сетей.

Температура воды с Кемеровской ТЭЦ поддерживается в диапазоне 70 – 80°С.

Расчет летнего режима работы СЦТ правобережной части г. Кемерово (совместная работа тепломагистралей ТМ-I, ТМ-II и ТМ-III) производится при максимальной нагрузке горячего водоснабжения в неотапительный период. При отключенной отопительно-вентиляционной тепловой нагрузке с учетом обеспечения нагрузки горячего водоснабжения с коэффициентом 0,7.

Расчетный летний режим работы СЦТ без циркуляции теплоносителя

характеризуется давлением воды на выходе с КТЭЦ равным  $7,5 \text{ кгс/см}^2$  и суммарным расходом воды в подающем трубопроводе 603 т/ч. При этом, расчетные часовые тепловые потери в подающем трубопроводе через изоляцию и с утечками теплоносителя составляют 9,5 Гкал/ч.

При этом, максимальный фактический расход воды на выводе КТЭЦ в неотапительный период составляет порядка 420 т/ч.

В случае применения циркуляции теплоносителя по тепловой сети в неотапительный период расчетный суммарный расход воды на выводе КТЭЦ составит 685 т/ч. При этом, расход в обратном трубопроводе равен 66 т/ч.

### **Статический режим работы системы теплоснабжения**

Статическое давление в системах теплоснабжения при теплоносителе воде не должно превышать допускаемое давление в оборудовании источника теплоты, в тепловых сетях, в оборудовании тепловых пунктов и в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителей, непосредственно присоединенных к тепловым сетям, и обеспечивать заполнение их водой.

В связи со значительной разницей геодезических отметок предусмотрено деление водяных тепловых сетей на две независимые зоны. Первая охватывает тепловые сети Кировского района, вторая – тепловые сети Рудничного района. При этом разность геодезических отметок указанных зон достигает 125 м.

Для создания необходимого статического режима во избежание превышения давления сетевой воды на установленном оборудовании СЦТ в схемах автоматизации ПНС-4 и ПНС-11 учитывается переход на статический режим.

Статический режим работы оборудования Кемеровской ТЭЦ определяется давлением  $5,5 \text{ кгс/см}^2$ . Давление на насосных станциях в тепловых сетях: на ПНС-4 статическое давление равно  $3,6 \text{ кгс/см}^2$ , на ПНС-11 –  $13,0 \text{ кгс/см}^2$ .

### **Аварийные режимы работы системы теплоснабжения**

#### **Отключение сетевых насосов на ПНС-11**

Рассматривается аварийный режим при останове сетевых насосов на ПНС-11. Верхняя и нижняя зоны, на которые производится разделение в ПНС-11, характеризуются значительной разностью геодезических отметок, порядка 125 м.

В целях недопущения превышения давления в тепловой сети нижней зоны, а также опорожнения трубопроводов верхней зоны тепломagистраль ТМ-4 на ПНС-11 полностью перекрывается.

Совокупность потребителей Рудничного района верхней зоны переводится на теплоснабжение от котельной №27 АО «Теплоэнерго» через тепловую камеру «ТК- 90/1».

Параметры аварийного режим работы приведены в таблице 12.1.2-20.

**Таблица 12.1.2.1.7.20 Параметры аварийного режима работы**

Тепломагистрالی (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль II (БУ-1)		10,5	2,6	1 222	1 053
Тепломагистрالی I и III (БУ-2)		9,8	3,0	1 034	1 014
Тепломагистраль IV (БУ-2)				0	0
<b>Итого от Кемеровской ТЭЦ:</b>				<b>2 256</b>	<b>2 067</b>
ПНС-4	нижняя зона	6,7	2,0	127	0
ПНС-4	верхняя зона	6,7	3,6		
ПНС-11	нижняя зона	7,0	1,0	0	0
ПНС-11	верхняя зона	8,2	8,2		

Расход сетевой воды на указанную совокупность потребителей составит 428 т/ч. Следует отметить, что при рассмотрении данного режима располагаемые напоры на тепловых вводах потребителей, которые переводятся на теплоснабжение от АО «Теплоэнерго» снижаются до значений порядка 7 – 9 м.

При этом, относительное количество теплоты на отопительно-вентиляционные системы, в среднем, определяются величиной 81%. Теплотребность потребителей обеспечивается на 74 – 87%.

Согласно нормативным документам для г. Кемерово, при авариях (отказах) в течении всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям в размере 88,8% от расчетного значения.

Таким образом, при данном аварийном режиме наблюдается снижение теплотребление на несколько большую величину относительно нормативного значения, однако, в целом, можно констатировать возможность резервирования от котельной №27 АО «Теплоэнерго».

#### **Остановка работы трубопровода тепломагистрالی ТМ-I**

Рассматривается аварийный режим при останове работы трубопровода тепломагистрالی ТМ-I Ду500 от вывода Кемеровской ТЭЦ до тепловой камеры «ТК-I-26».

Параметры аварийного режим работы приведены в таблице 12.1.2-21.

**Таблица 12.1.2.1.7.21      Параметры аварийного режима работы**

Тепломагистрالی (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль II (БУ-1)		10,5	2,6	1 443	1 150
Тепломагистрالی I и III (БУ-2)		9,8	3,0	264	615
Тепломагистраль IV (БУ-2)		10,4	7,0	683	409
<b>Итого от Кемеровской ТЭЦ:</b>				<b>2 390</b>	<b>2 174</b>
ПНС-4	нижняя зона	6,7	2,2	0	226
ПНС-4	верхняя зона	6,7	3,6		
ПНС-11	нижняя зона	4,7	2,4	427	418
ПНС-11	верхняя зона	15,3	10,7		

При этом, относительное количество теплоты на отопительно-вентиляционные системы, в среднем, определяются величиной 95%. Обеспечение теплоснабжения в аварийном режиме составляет 82%.

Наименьшее обеспечение теплоснабжения наблюдается и потребителей, теплоснабжение которых осуществляется от тепловых камер:

- на участке тепловых сетей от «ТК-I-80» до «ТК-I-88»;
- на участке тепловых сетей от «ТК-I-27» до «ТК-I-30».

Таким образом, при данном аварийном режиме, в целом, наблюдается снижение теплоснабжения на нормативном уровне. За исключением потребителей, теплоснабжение которых осуществляется от указанных выше тепловых камер.

#### **Остановка работы трубопровода тепломагистрالی ТМ-II**

Рассматривается аварийный режим при останове работы трубопровода тепломагистрالی ТМ-II Ду500 от вывода Кемеровской ТЭЦ до тепловой камеры «НО-II-11». Параметры аварийного режима работы приведены в таблице 12.1.2-22.

**Таблица 12.1.2.1.7.22      Параметры аварийного режима работы**

Тепломагистрالی (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль II (БУ-1)				0	0
Тепломагистрالی I и III (БУ-2)		9,8	3,0	1 313	1 575

Тепломагистраль (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль IV (БУ-2)		10,4	7,0	871	391
<b>Итого от Кемеровской ТЭЦ:</b>				<b>2 184</b>	<b>1 966</b>
ПНС-4	нижняя зона	6,7	2,2	0	193
ПНС-4	верхняя зона	6,7	3,6		
ПНС-11	нижняя зона	4,4	2,4	409	400
ПНС-11	верхняя зона	14,9	10,7		

Кроме того, необходимо задействовать в работу перемычку между тепломагистралями от «НО-III-17» до «НО-III-17/1» Ду500.

При этом, относительное количество теплоты на отопительно-вентиляционные системы, в среднем, определяются величиной 91%. Теплопотребность в аварийном режиме обеспечивается на 81%.

Наименьшее обеспечение (81%) наблюдается и потребителей, теплоснабжение которых осуществляется на участке тепловых сетей от тепловых камер «НО-I-95» до «НО-I-101».

Согласно нормативным документам для г. Кемерово при авариях (отказах) в течении всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям в размере 88,8% от расчетного значения.

При данном аварийном режиме, в целом, наблюдается снижение теплопотребление на нормативном уровне. За исключением потребителей, теплоснабжение которых осуществляется от указанных выше тепловых камер.

#### **Остановка работы трубопровода тепломагистрали ТМ-III**

Рассматривается аварийный режим при останове работы трубопровода тепломагистрали ТМ-III Ду500 от вывода Кемеровской ТЭЦ до тепловой камеры «НО-III-32».

Параметры аварийного режим работы приведены в таблице 12.1.2-23.

**Таблица 12.1.2.1.7.23 Параметры аварийного режима работы**

Тепломагистраль (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистраль II (БУ-1)		10,5	2,6	1 195	1 221

Тепломагистрالی (бойлерные установки)		Давление в трубопроводе, кгс/см <sup>2</sup>		Расход сетевой воды в трубопроводе, т/ч	
		Подающем	Обратном	Подающем	Обратном
Тепломагистрالی I (БУ-2)		9,8	3,0	371	463
Тепломагистраль IV (БУ-2)		10,4	7,0	727	403
<b>Итого от Кемеровской ТЭЦ:</b>				<b>2 293</b>	<b>2 087</b>
ПНС-4	нижняя зона	6,6	2,2	0	200
ПНС-4	верхняя зона	6,6	4,2		
ПНС-11	нижняя зона	4,7	2,4	422	412
ПНС-11	верхняя зона	15,2	10,7		

При этом, относительное количество теплоты на отопительно-вентиляционные системы, в среднем, определяются величиной 91%. Теплотребность в аварийном режиме обеспечивается на 81%.

Наименьшее обеспечение (81%) наблюдается и потребителей, теплоснабжение которых осуществляется на участке тепловых сетей от тепловых камер «НО-I-95» до «НО-I-101».

Согласно нормативным документам для г. Кемерово при авариях (отказах) в течении всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям в размере 88,8% от расчетного значения.

Таким образом, при данном аварийном режиме, в целом, наблюдается снижение теплотребление на нормативном уровне. За исключением потребителей, теплоснабжение которых осуществляется от указанных выше тепловых камер.

## **4.2. Системы теплоснабжения АО «Теплоэнерго»**

### **4.2.1. Система теплоснабжения**

Теплоснабжение части потребителей жилищно-коммунального сектора города обеспечивают 35 котельных, 20 из которых расположены на Правом берегу р. Томь

Котельные расположены в отдельно-стоящих зданиях, кроме котельной № 47 – встроенная.

Котельные №№ 15 (севернее строения № 151 по ул. Елыкаевская), 17 (юго-восточнее строения 15а по ул. Багратиона), 34 (северо-западнее строения №38 по ул. Черноморская), 42 (северо-западнее жилого дома № 16 по пер. 2-ой Зейский), 43 (севернее строения №47 по ул. 4-я Цветочная), 47 (ул. Бийская, 37), 60 (ул. Муромцева, 2в), 61 (ул.

Подстанция 220), 66 (северо-западнее жилого дома № 275 по ул. Греческая деревня), 92 (восточнее строения №2а по ул. Симферопольская), 96 (западнее строения №4 по ул. 2-я Аральская), 97 (пер. Центральный, 17), 102 (южнее здания № 3 по ул. Карачинская), 103 (юго-западнее комплекса строений №1 по ул. Городецкая), 112 (северо-западнее строения №32 ул. Рутгерса), 110 (западнее строения № 17 по ул. Красная горка), 122 (юго-западнее пересечения ул. Баха и ул. Масальская), 141 (северо-западнее здания №42/9 по ул. Зейская) эксплуатируются только в отопительный период.

Котельные АО «Теплоэнерго» присутствуют в пяти административных районах г. Кемерово: Заводском, Ленинском, Кировском, Рудничном и Центральном (таблица 2.4-2). Необходимо отметить, что, например, котельные №№ 4, 6, 7, 8 – располагаются в жилом районе «Лесная Поляна», однако в соответствии с административным делением, ж.р. «Лесная Поляна» относится к Рудничному району г. Кемерово. Аналогичный подход был применён к котельным, расположенным в ж.р. Ягуновский и Пионер (относятся к Заводскому району), и ж.р. Кедровка и Промышленновский (относятся к Рудничному району).

Краткая характеристика систем теплоснабжения от котельных АО «Теплоэнерго» приведена в таблице ниже.

**Таблица 12-15 Котельные АО «Теплоэнерго»**

№ котельной	Адрес	Схема подключения ГВС	Расчетный темп. график регулирования тепла	Установленная мощность источника, Гкал/ч	Давление сетевой воды на выводе источника, кгс/см <sup>2</sup>	
					в под	в обр.
<b>Левобережные районы</b>						
<b>Центральный район</b>						
26	Севернее комплекса строений № 26 по ул. Соборная	закрытая	105-70 срезка 70	5,16	5,9	4
<b>Ленинский район</b>						
114	б-р Строителей, 65б	закрытая	95-70 срезка 70	12,123	6,5	4,5
<b>Заводский район</b>						
43	Севернее строения № 47 по ул. 4-я Цветочная	закрытая	95-70 срезка 65	0,74	2,5	1,6
47	ул. Бийская, 37	нет	95-70 без срезки	0,36	1	0,7
141	Северо-западнее здания № 42/9 по ул. Зейская	нет	95-70 без срезки	0,11	1,9	1,5
42	Северо-западнее жилого дома № 16 по пер. 2-ой Зейский	нет	95-70 без срезки	0,327	3	2,2

№ котельной	Адрес	Схема подключения ГВС	Расчетный темп. график регулирования отпуска тепла	Установленная мощность источника, Гкал/ч	Давление сетевой воды на выводе источника, кг/см <sup>2</sup>	
					в под	в обр.
<b>ж.р. Ягуновский, Пионер</b>						
56	Западнее жилого дома № 23 по ул. Пригородная	закрытая	95-70 без срезки	0,4	2,7	2,1
60	ул. Муромцева, 2в	нет	95-70 без срезки	0,062	2	1,7
61	ул. Подстанция 220	нет	95-70 без срезки	0,156	2	1,1
92	Восточнее строения № 2а по ул. Симферопольская	открытая	95-70 срезка 65	1,41	3,5	2,8
96	Западнее строения № 4 по ул. 2-я Аральская	открытая	95-70 без срезки	1,788	5,1	3,5
97	пер. Центральный, 17	открытая	95-70 срезка 65	0,86	4	2
122	Юго-западнее пересечения ул. Баха и ул. Масальская	нет	95-70 без срезки	0,43	2,2	1,2
123	Южнее комплекса строений № 18 по ул. 2-я Малоплановая	открытая	105-70 срезка 65	12,73	4,5	1,1
163	ул. Энтузиастов, 1а	открытая	95-70 срезка 65	0,722	4	1,5
<b>Правобережные районы</b>						
<b>Рудничный район</b>						
15	Севернее строения № 151 по ул. Елькаевская	нет	95-70 без срезки	0,6	2,7	1
27	Сосновый бульвар, 12	открытая	130-70 срезка 65	70	8	3,5
31	ул. Вахрушева, 6	закрытая	95-70 срезка 65	2,752	3	1,6
34	Северо-западнее строения № 38 по ул. Черноморская	нет	95-70 без срезки	0,621	3	2,3
35	ул. Антипова, 2/3	открытая	95-70 срезка 65	4,6	5	3
38	ул. Авроры, 16	закрытая	95-70 без срезки	4,263	4	2,8
45	ул. Терешковой, 8	открытая	130-70 срезка 65	52,5	7	2,5
101	ул. Шахтерская, 3а	открытая	95-70 срезка 65	3,827	2,7	1,2
102	Южнее здания № 3 по ул. Карачинская	нет	95-70 без срезки	0,413	2,6	1,6
103	Юго-западнее комплекса	закрытая	95-70 срезка 65	0,86	4	2,4



№ котельной	Адрес	Схема подключения ГВС	Расчетный темп. график регулирования отпуска тепла	Установленная мощность источника, Гкал/ч	Давление сетевой воды на выводе источника, кгс/см <sup>2</sup>	
					в под	в обр.
	строений № 1 по ул. Городецкая					
110	Западнее строения № 17 по ул. Красная горка	нет	95-70 без срезки	0,18	2,6	1,6
112	Северо-западнее строения № 32 ул. Рутгерса	открытая	95-70 срезка 65	1,376	4,6	1,7
118	Юго-западнее здания № 10а по ул. Суворова	открытая	95-70 срезка 65	3,182	3,9	1,4
<b>ж.р. Кедровка, Промышленовский</b>						
65	ул. Греческая деревня, 1576	закрытая	95-70 срезка 65	1,587	2,3	1,9
66	Северо-западнее жилого дома № 275 по ул. Греческая деревня	закрытая	95-70 срезка 65	0,53	2,7	2,6
<b>Кировский район</b>						
17	Юго-восточнее строения № 15а по ул. Багратиона	нет	95-70 без срезки	0,86	4,3	1,3
<b>ж.р. Лесная поляна</b>						
4	пр. В.В. Михайлова, 7	закрытая	95-70 срезка 70	0,327	4	3
6	ул. Щегловская, 2	закрытая	95-70 без срезки	1,496	P1/P3: 4,2/3, 7	P2/P4: 3,8/1,8
7	ул. Щегловская, 30	закрытая	95-70 без срезки	0,533	P1/P3: 3,1/5, 0	P2/P4: 2,0/4,7
8	Осенний бульвар, 4а	закрытая	95-70 без срезки	0,516	P1/P3: 4,2/3, 0	P2/P4: 3,1/2,3
<b>Новые теплоисточники</b>						
газовая БМК (котельная № 91)	ул. Подстанция 220, 5	нет	95-70	0,258	2	1,1
Автоматическая угольная БМК (котельная № 85)	в непосредственной близости от строения 151 по ул. Елыкаевская (адрес будет уточнен при следующей актуализации)	нет	95-70	0,292	2,7	1
Газовая БМК (котельная №35/1)	ул. Антипова, 2/3	открытая	95-70 срезка 65	с 2018 года: 3,181 Гкал/ч, с 2019 г.: 10,06 Гкал/ч	5	3
Автоматическая угольная	Кировский район, 100 м юго-	нет	95-70	0,258	4,3	1,3

№ котельной	Адрес	Схема подключения ГВС	Расчетный темп. график регулирования отпуска тепла	Установленная мощность источника, Гкал/ч	Давление сетевой воды на выводе источника, кгс/см <sup>2</sup>	
					в под	в обр.
БМК (котельная №87)	восточнее строения №15а по ул. Багратиона					

Зоной покрытия тепловых нагрузок от котельных №27 и 45 являются потребители Рудничного района правобережной части г. Кемерово.

#### **Системы теплоснабжения котельных №27, №45**

Котельная №45 имеет два вывода магистральных тепловых сетей, оба диаметром Ду400. От коллекторов котельной №27 осуществляется отпуск тепловой энергии по двум тепломагистралям Ду500 и Ду300.

Схема присоединения местных отопительно-вентиляционных систем – зависимая. Горячее водоснабжение потребителей осуществляется, в основном, по открытой схеме.

Для оценки существующего режима работы системы передачи и распределения тепловой энергии от источников теплоты до потребителей были проанализированы результаты расчетов режимов работы системы централизованного теплоснабжения.

В качестве исходных данных по тепловым нагрузкам потребителей при создании математической модели системы теплоснабжения в «ZuluThermo» использовались тепловые нагрузки, предоставленные АО «Теплоэнерго».

Утвержденный температурный график отпуска тепловой энергии от котельных №27, №45 - 130/70°С и спрямлением для горячего водоснабжения 65°С.

Параметры существующего гидравлического режима работы на тепловых выводах, рассматриваемых котельных приведены в таблице

#### **4.2.2. Возможности теплофикационных установок**

На котельных установлены котлы различной производительности как водогрейные, так и паровые: ДКВР, КВТС, КВГМ, ДЕ, КВЗП, КВ, КВр, НРС, СРА, Карборобот, КП, Samaras, Bosch, ЭПО, Турботерм, Vissmann, Buderus Logano.

Использование паровых котлов для обеспечения теплотребности в горячей воде неэффективно и отрицательно влияет на себестоимость производимого тепла.

Данные по установленной мощности, давлению сетевой воды на выходе из источников приведены в составе таблицы «Котельные АО «Теплоэнерго» (Таблица 12 - 15)

#### **4.2.3. Температурный график**

Температурные графики отпуска тепла от котельных:

АО «Теплоэнерго»:

- котельные № 31, 35, 43, 65, 66, 92, 97, 101, 103, 112, 118, 163 – эксплуатируются при графике 95/70°C со срезкой на 65°C;
- котельные №№ 6, 7, 8, 15, 17, 34, 38, 42, 47, 56, 60, 91, 96, 102, 110, 122 – эксплуатируются при графике 95/70°C без срезки;
- котельные №№ 4, 114 – эксплуатируются при графике 95/70°C со срезкой на 70°C;
- котельная № 123 – эксплуатируются при графике отпуска тепла потребителям 105/70°C со срезкой на 65°C;
- котельная № 26 – эксплуатируются при графике отпуска тепла потребителям 105/70°C со срезкой на 70°C;
- котельные №№ 27, 45 – при графике 130/70°C со срезкой на 65°C.

Данные по температурному графику для каждого источника приведены в составе таблицы «Котельные АО «Теплоэнерго» (Таблица 12 -15)

#### **4.2.4. Фактический режим работы системы теплоснабжения**

Схемы теплоснабжения от источников тепла, в основном, двухтрубные.

- от котельной № 43 АО «Теплоэнерго» – трехтрубная;
- от котельной № 6, 7, 8, 38, 56, ЦТП АО «Теплоэнерго» – четырехтрубная.

Системы горячего водоснабжения:

- от котельных №№ 27, 35, 45, 92, 96, 97, 101, 112, 118, 123, 163 – открытая;
- от котельных №№ 4, 6, 7, 8, 15, 17, 26, 31, 34, 38, 42, 43, 47, 56, 60, 91, 65, 66, 102, 103, 110, 114, 122, 141 – закрытая;

Параметры существующего гидравлического режима работы на тепловых выводах, рассматриваемых котельных приведены в таблице выше (Таблица 12 -15)

### **4.3. Системы теплоснабжения ООО «СКЭК»**

Котельные ОАО «СКЭК» располагаются в северной части г. Кемерово.

Характеристики систем теплоснабжения котельных ОАО «СКЭК» приведены в таблице ниже (Таблица 12 -16 Таблица 12 -16 Котельные ОАО «СКЭК»)

**Таблица 12-16 Котельные ОАО «СКЭК»**

<b>Район теплоснабжения</b>	<b>ж.р. Кедровка</b>	<b>ж.р. Промышленновский</b>	<b>ст. Латыши</b>
Источник:	Котельная №8	Котельная №9	Котельная №10

Район теплоснабжения	ж.р. Кедровка	ж.р. Промышленновский	ст. Латыши
Установленная мощность, Гкал/ч:	80,0	8,95	1,2
Температурный график отпуска тепловой энергии	105/70 со срезкой 65°C	95/70 со срезкой 65°C	95/70 со срезкой 65°C
Тепловая нагрузка, Гкал/ч	56,25	6,82	0,65
Диаметр магистрального тр-да, мм	Ду500	Ду300	Ду100
Тип системы теплоснабжения (открытая, закрытая, смешанная)	Открытая	Открытая	Открытая
Протяженность магистральных тепловых сетей в двухтрубном исчислении, м	2685,9	189	0
Протяженность распределительных тепловых сетей в двухтрубном исчислении, м	13186,11	3512,97	465
Давление в под. тепломагистрали, кгс/см <sup>2</sup>	11,9	7,0	5,0
Давление в обр. тепломагистрали, кгс/см <sup>2</sup>	5,0	5,0	3,2

Зоной покрытия тепловых нагрузок от котельной №8 являются потребители ж.р. Кедровка правобережной части г. Кемерово.

Схема присоединения местных отопительно-вентиляционных систем – непосредственная. Горячее водоснабжение потребителей осуществляется по открытой схеме.

Для оценки существующего режима работы системы передачи и распределения тепловой энергии от источников теплоты до потребителей были проанализированы результаты расчетов режимов работы системы централизованного теплоснабжения, выполненных на базе программного комплекса «ZuluThermo», способного моделировать фактический тепловой и гидравлический режим работы системы теплоснабжения.

- Утвержденный температурный график отпуска тепловой энергии от котельной №8
- 105/70°C и спрямлением для горячего водоснабжения на уровне 65°C.

Расчетный гидравлический режим работы тепловых сетей котельной №8 характеризуется следующими параметрами:

- давление в обратном трубопроводе на выводе котельной 5,0 кгс/см<sup>2</sup>;
- давление в подающем трубопроводе на выводе котельной 11,9 кгс/см<sup>2</sup>; что определяет величину располагаемого напора в 69 м.вод. ст.;
- суммарный расход сетевой воды в подающем трубопроводе 1 300 т/ч (1260 т/ч – в обратном).

Тепловые сети двухтрубные и имеют радиальную структуру теплопроводов.

Потребители зоны действия котельной №8 обеспечиваются нормативным

количеством тепловой энергии

Зоной покрытия тепловых нагрузок от котельной №9 являются потребители ж.р. Промышленновский правобережной части Кемерово. Горячее водоснабжение потребителей осуществляется по открытой схеме.

Для оценки существующего режима работы системы передачи и распределения тепловой энергии от источников теплоты до потребителей были проанализированы результаты расчетов режимов работы системы централизованного теплоснабжения, выполненных на базе программного комплекса «ZuluThermo», способного моделировать фактический тепловой и гидравлический режим работы системы теплоснабжения.

Утвержденный температурный график отпуска тепловой энергии от котельной №9

- 95/70°C и спрямлением для горячего водоснабжения на уровне 65°C.

Расчетный гидравлический режим работы тепловых сетей котельной №9 характеризуется следующими параметрами:

- давление в обратном трубопроводе на выводе котельной 3,5 кгс/см<sup>2</sup>;
- давление в подающем трубопроводе на выводе котельной 7 кгс/см<sup>2</sup>; что определяет величину располагаемого напора в 20 м.вод. ст.;

Потребители зоны действия котельной №9 обеспечиваются нормативным количеством тепловой энергии

Зоной покрытия тепловых нагрузок от котельной №10 являются потребители ст. Латыши правобережной части Кемерово. Горячее водоснабжение потребителей осуществляется по открытой схеме.

Для оценки существующего режима работы системы передачи и распределения тепловой энергии от источников теплоты до потребителей были проанализированы результаты расчетов режимов работы системы централизованного теплоснабжения, выполненных на базе программного комплекса «ZuluThermo», способного моделировать фактический тепловой и гидравлический режим работы системы теплоснабжения.

Утвержденный температурный график отпуска тепловой энергии от котельной №10

- 95/70°C и спрямлением для горячего водоснабжения на уровне 65°C.

Расчетный гидравлический режим работы тепловых сетей котельной №10 характеризуется следующими параметрами:

- давление в обратном трубопроводе на выводе котельной 3,2 кгс/см<sup>2</sup>;
- давление в подающем трубопроводе на выводе котельной 5,0 кгс/см<sup>2</sup>; что определяет величину располагаемого напора в 18 м. вод. ст.;

Потребители зоны действия котельной № 10 обеспечиваются нормативным количеством тепловой энергии

#### 4.4. Системы теплоснабжения ООО «Лесная поляна-Плюс»

Все котельные ООО «Лесная поляна-Плюс» расположены в ж.р. Лесная Поляна и предназначены для теплоснабжения индивидуальных или многоквартирных домов.

Все теплоисточники являются отдельно стоящими. Основной вид топлива – природный газ. Данные по установленной мощности приведены в таблице ниже (Таблица 12 -17)

**Таблица 12-17 Котельные ООО «Лесная поляна-Плюс»**

№	Наименование теплоисточника	Установленная тепловая мощность, Гкал/ч
1	Котельная на ул. Молодёжная, 1	0,285
2	Котельная на ул. Молодёжная, 3	0,285
3	Котельная на ул. Молодёжная, 5	0,395
4	Котельная на ул. Молодёжная, 7	0,559
5	Котельная на ул. Молодёжная, 9	0,482
6	Котельная на ул. Молодёжная, 11	0,482
7	Котельная на ул. Молодёжная, 13	0,482
8	Котельная на ул. Молодёжная, 15	0,963
9	Котельная на пр-т. Весенний, 3	1,032
10	Котельная на пр-т. Весенний, 4	1,187
11	Котельная на пр-т. Весенний, 6	1,789
12	Котельная на б-р. Осенний 2А	2,41
13	Котельная на пересечении ул. Академическая и ул. Уютная	6,364
14	Котельная Лесная поляна, микрорайон №3	19,87
15	Котельная на б-р. Кедровый 2А	6,364
16	Котельная на пр-т Весенний 7А	3,182

#### 4.5. Системы теплоснабжения ООО «Коммуэнерго»

Котельная ООО «Коммуэнерго» обслуживает группу потребителей из 7 зданий в районе ул. Терешковой 53-57.

Подключенная нагрузка на ГВС – отсутствует, на отопление – составляет 3,2 Гкал/ч

Утвержденный температурный график отпуска тепловой энергии от котельной №8 95/70°C

Установленная мощность котельной составляет 6,3 Гкал/ч

Предоставлены данные по фактическому гидравлическому режиму котельной. Данные приведены в таблице ниже.

**Таблица 12-18 Фактический режим котельной №1 ООО «Коммуэнерго»**

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°C		кгс/см <sup>2</sup>	

На выходе котельной № 1	4.4	176	176	95	70	5.3	3.3
-------------------------	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

Давление в обратном трубопроводе на выводе котельной 3,3 кгс/см<sup>2</sup> давление в подающем трубопроводе на выводе котельной 5,3 кгс/см<sup>2</sup>; что определяет величину располагаемого напора в 20 м. вод. ст.;

#### 4.6. Системы теплоснабжения ООО «ЭТС-Ресурс»

Котельная ООО «ЭТС-Ресурс» обслуживает группу жилых домов в районе ул. Дружбы - жилой комплекс «Южный».

Установленная мощность двух котлов BOSCH UT-L30 суммарно составляет 7.22 Гкал/ч

Максимальная расчетная температура сетевой воды – 95°C.

Расчетное давление сетевой воды на выходе из источника – 10 кгс/см<sup>2</sup>,

Источник теплоснабжения ООО «ЭТС-Ресурс» работает по температурному графику 95/70.

Предоставлены данные по расчетному гидравлическому режиму котельной. Данные приведены в таблице ниже.

**Таблица 6-19 Расчетный гидравлический режим котельной по адресу ул. Плодопитомник, 147**

Магистраль	Q <sub>расч</sub>	W <sub>пр</sub>	W <sub>обр</sub>	t <sub>пр</sub>	t <sub>обр</sub>	P <sub>пр</sub>	P <sub>обр</sub>
	Гкал/ч	т/ч		°C		кгс/см <sup>2</sup>	
На выходе котельной по адресу ул. Плодопитомник 147	7.225	744	793	95	70	10	7

**Рисунок 6-4 Путь построение графика от КГРЭС БУ-3 (ТМ-III) до ПНС-9 1200 (НО-0) с перспективой 2033 г.**



**Рисунок 6-5 Пьезометрический график участка от КГРЭС БУ-3 (ТМ-III) до ПНС-9 1200 (НО-0) с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-6 Путь построения графика от КГРЭС БУ-4 (ТМ-IV) до ТК-IV-14 с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-7 Пьезометрический график участка от КГРЭС БУ-4 (ТМ-IV) до ТК-IV-14 с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-8 путь построения графика от КГРЭС БУ-4 (ТМ-IV) до ТК-10 (ПК-19) с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-9** Пьезометрический график участка от КГРЭС БУ-4 (ТМ-IV) до ТК-10 (ПК-19) с перспективой 2033 г.

---

**Рисунок 6-10 Путь построения графика от КТЭЦ ТМ-1.2.3 до ТК-1-46 с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-11 Пьезометрический график участка от КТЭЦ ТМ-1.2.3 до ТК-I-46 с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-12 Путь построения графика от КТЭЦ ТМ-4 до ТК-IV-10/9 с перспективой 2033 г.**



**Рисунок 6-13 Пьезометрический график участка от КТЭЦ ТМ-4 до ТК-IV-10/9 с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-14 Путь построения графика от НК ТЭЦ БУ-4 (ПНС-9) до ТК-188 с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-15 Пьезометрический график участка от НК ТЭЦ БУ-4 (ПНС-9) до ТК-188 с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-16 Путь построения графика от КТЭЦ до ТК-16/1 с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-17 Пьезометрический график участка от КТЭЦ до ТК-16/1 с перспективой 2033 г.**

---

**Рисунок 6-18 Путь построения графика от КТЭЦ до ТК-81А/1 с перспективой 2033 г.**

**Рисунок 6-19 Пьезометрический график участка от КТЭЦ до ТК-81А/1 с перспективой 2033 г.**

#### **4.7. Отладка и калибровка электронной модели**

В рамках данного раздела выполнялась отладка работы расчетных математических модулей путем выявления ошибок в исходных данных.

На этапе отладки электронной модели проводился анализ полноты внесенных исходных данных.

Калибровка модели – процесс идентификации и тонкой настройки наборов исходных данных таким образом, чтобы обеспечить максимальное приближение результатов гидравлического расчета к фактическим параметрам в определенных реперных узлах системы теплоснабжения. Для организации процесса калибровки электронной модели выбирались реперные узлы в каждой из систем теплоснабжения, такие как: выводной коллектор на источнике, тепловые камеры, насосные станции, ЦТП, ИТП, по которым имеются фактические данные по расходам теплоносителя и располагаемым напорам за период, когда расходы теплоносителя были максимально приближены к номинальным.

В рамках данного этапа работ выполнена отладка работы расчетных математических модулей путем выявления ошибок в исходных данных и калибровка модели с целью достижения соответствия расчетных параметров модели фактическим параметрам работы системы теплоснабжения города.



**Рисунок 7-20 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до ул. Серебряный бор, 27**

**Рисунок 7-21 Пьезометрический график от КТЭЦ до ул. Серебряный бор, 27**

**Рисунок 7-22 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до ул Сосновый бульвар, 6а**

**Рисунок 7-23 Пьезометрический график от КТЭЦ до ул Сосновый бульвар, 6а**

---

**Рисунок 7-24 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до ул. Институтская, 9**

**Рисунок 7-25 Пьезометрический график от КТЭЦ до ул. Институтская, 9**

**Рисунок 7-26 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до ул. Нахимова, 30**

**Рисунок 7-27 Пьезометрический график от КТЭЦ до ул. Нахимова, 30**

---



**Рисунок 7-28 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до ул. Серебряный бор, 8**

**Рисунок 7-29 Пьезометрический график от КТЭЦ до ул. Серебряный бор, 8**

---

**Рисунок 7-30 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 89а**

**Рисунок 7-31 Пьезометрический график от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 89а**

---

**Рисунок 7-32 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 123**

Рисунок 7-33 Пьезометрический график от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 123

---

**Рисунок 7-34 Путь построения пьезометрического графика от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 2**

**Рисунок 7-35 Пьезометрический график от КТЭЦ до пр. Шахтеров, 2**



## **5. ГРУППОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ (УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, ПОТРЕБИТЕЛЕЙ) ПО ЗАДАНЫМ КРИТЕРИЯМ С ЦЕЛЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ СХЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ;**

ПК «Zulu Thermo» актуализированной электронной модели имеет в своем составе гибкий инструмент групповых изменений характеристик объектов тепловой сети.

Изменение характеристик объектов тепловой сети может производиться по желанию пользователя по виду группировки:

- Тепловая сеть суммарно;
- Теплосетевые объекты теплотрассы отдельного источника;
- Зона действия источника, определенная граничными условиями;
- Тип объекта тепловой сети;
- Уникальное свойство группы объектов тепловой сети.

Помимо изменения характеристик групп объектов возможно выполнить изменение режима работы этих объектов в отдельности.

Данный инструмент применим для различных целей и задач гидравлического моделирования в актуализированной электронной модели системы теплоснабжения г. Кемерово. Однако, необходимо подчеркнуть, что один из основных моментов разработки электронной модели – это выполнение калибровки расчетной гидравлической модели тепловой сети. Трубопроводы реальной тепловой сети всегда имеют физические характеристики, отличающиеся от проектных в силу происходящих при их эксплуатации изменений по причине появления коррозии и отложений в трубопроводах, отражающихся на изменении эквивалентной шероховатости и уменьшении внутреннего диаметра вследствие зарастания сечения трубы. Очевидно, что эти изменения влияют на гидравлические сопротивления участков трубопроводов и в масштабах сети в целом. Это приводит к весьма значительным расхождениям результатов гидравлического расчета по "проектным" значениям с реальным гидравлическим режимом, наблюдаемом в эксплуатируемой тепловой сети. С другой стороны, измерить действительные значения шероховатостей и внутренних диаметров участков действующей тепловой сети не представляется возможным, поскольку это потребовало бы массового вскрытия трубопроводов, что вряд ли реализуемо. Поэтому эти значения можно лишь косвенным образом оценить на основании сравнения реального (фактически наблюдаемого) гидравлического режима с результатами расчетов на гидравлической модели, после чего внести в расчетную модель соответствующие поправки. В этом, в первом приближении, и

состоит процесс калибровки электронной модели с целью приведения ее в соответствие реальным гидравлическим режимам работы. Именно для этого необходимы инструменты групповых изменений характеристик объектов тепловой сети.

Для предварительного моделирования фактического режима с помощью вышеописанных инструментов возможно изменять характеристику трубопроводов тепловой сети по таким параметрам как «зарастание» трубопроводов и «эквивалентная шероховатость». Инструмент электронной модели позволяет выделить в группу некоторые участки сети с совпадающим годом прокладки или промежутком лет прокладки и изменить характеристику только этой группы объектов. Путем итерационного подбора изменений добиваются совпадения результатов расчетов модели с фактическими результатами инструментальных замеров в контрольных точках и узловых тепловых камер тепловой сети.