



# **Схема теплоснабжения города Заинска до 2036 года**

**(Актуализация на 2023 год)**

**Глава 3 Электронная модель системы теплоснабжения  
муниципального образования город Заинск**

Казань, 2022 г.

## Оглавление

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Общие сведения .....   | 6  |
| 2     | Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топологической основе и с полным топологическим описанием связности объектов ..... | 8  |
| 2.1   | Возможности ГИС Zulu.....  | 9  |
| 2.2   | Основные понятия и определения, представление информации в ГИС Zulu.....   | 11 |
| 2.3   | Моделирование инженерных сетей .....   | 14 |
| 2.4   | Характеристика водоподготовки и подпиточных устройств .....  | 15 |
| 2.4.1 | Наладочный расчет .....  | 15 |
| 2.4.2 | Поверочный расчет .....  | 16 |
| 2.4.3 | Конструкторский расчет .....   | 17 |
| 2.4.4 | Температурный график .....   | 17 |
| 2.4.5 | Пьезометрический график .....  | 18 |
| 2.4.6 | Расчет надежности .....  | 20 |
| 2.4.7 | Коммутационные задачи .....  | 20 |
| 2.4.8 | Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию .....   | 21 |
| 2.4.9 | Анализ термограмм .....  | 22 |
| 3     | Электронная модель системы теплоснабжения г. Заинск .....  | 24 |
| 3.1   | Информационно-графическое описание системы теплоснабжения г. Заинск .....  | 24 |
| 3.2   | Источники тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск.....   | 26 |
| 3.3   | Потребители тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск .....  | 28 |
| 3.4   | Калибровка электронной модели тепловой сети г. Заинск.....   | 31 |
| 3.5   | Результаты гидравлических расчетов схемы теплоснабжения г. Заинск .....  | 33 |
| 3.6   | Резервирование тепловых сетей системы теплоснабжения г. Заинск .....   | 35 |
| 3.7   | Электронная модель перспективной системы теплоснабжения г. Заинск.....   | 36 |

## Перечень рисунков

|  |    |
|--|----|
| Рис. 2.1. ГИС Zulu .....   | 8  |
| Рис. 2.2. Структурная схема представления информации в ГИС Zulu .....  | 11 |
| Рис. 2.3. Моделирование инженерных сетей.....  | 14 |
| Рис. 2.4. Пример температурного графика .....  | 18 |
| Рис. 2.5. Пример пьезометрического графика .....   | 19 |
| Рис. 2.6. График падения температуры .....   | 19 |
| Рис. 2.7. Отображение отключений на карте.....   | 21 |
| Рис. 2.8. Пример расчета годовых потерь тепла .....  | 22 |
| Рис. 2.9. Слой с результатами анализа термограммы .....  | 23 |
| Рис. 3.1. Визуальное отображение структуры тепловых сетей г. Заинск в программе ZuluGIS .....  | 25 |
| Рис. 3.2. Пример представления графической информации центральной части г. Заинск в программе ZuluGIS .....  | 25 |
| Рис. 3.3. Схема № 3. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и независимым присоединением СО.....   | 28 |
| Рис. 3.4. Схема № 4. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и непосредственным присоединением СО.....  | 29 |
| Рис. 3.5. Схема № 5. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и насосным присоединением СО (насос на перемычке) .....  | 29 |
| Рис. 3.6. Схема № 6. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и элеваторным присоединением СО.....   | 29 |
| Рис. 3.7. Схема № 17. Потребитель с двухступенчатым смешанным подключением подогревателей ГВС и насосным присоединением СО.....  | 30 |
| Рис. 3.8. Схема № 21. Потребитель с параллельным подключением подогревателей ГВС и насосным присоединением СО и СВ (насос на перемычке).....                               | 30 |
| Рис. 3.9. Схема № 23. Потребитель с параллельным подключением подогревателя ГВС и насосным присоединением СО (насос на перемычке) .....                                    | 30 |
| Рис. 3.10. Схема № 26. Потребитель с открытым водоразбором и циркуляционной линией.....  | 31 |
| Рис. 3.11. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя по ул. Октябрьская д. 11 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения ..... | 33 |
| Рис. 3.12. Пьезометрический график от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя по ул. Октябрьская д. 11 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения .....     | 33 |
| Рис. 3.13. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя по пр. Победы д. 1/16 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения .....    | 34 |
| Рис. 3.14. Пьезометрический график от ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя по пр. Победы д. 1/16 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения .....                  | 34 |
| Рис. 3.15. Зоны действия тепловодов сетей теплоснабжения г. Заинск .....   | 35 |
| Рис. 3.16. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя ул.Строителей, д.11В .....   | 38 |
| Рис. 3.17. Пьезометрический график от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя ул.Строителей, д.11В .....   | 38 |
| Рис. 3.18. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя пр.Победы, поз.34В.....  | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Рис. 3.19. Пьезометрический график от источника ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя пр.Победы, поз.34В.....    | 39 |
| Рис. 3.20. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя пр.Победы, д.1/12..... | 40 |
| Рис. 3.21. Пьезометрический график от источника ЗГРЭС 2-ая очередь до конечного потребителя пр.Победы, д.1/12.....     | 40 |

### **Перечень таблиц**

|  |    |
|--|----|
| Табл. 3.1 Данные калибровки режимов работы источников тепловой энергии .....                                       | 32 |
| Табл. 3.2 Перспективные зоны системы теплоснабжения г. Заинск по состоянию 2036 года<br>схемы теплоснабжения ..... | 37 |

## 1 Общие сведения

Разработка схемы теплоснабжения г. Заинск выполняется в соответствии с требованиями Технического задания, Федерального закона от 27.07.2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении», Постановления Правительства Российской Федерации от 22.02.2012г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» с изменениями и дополнениями от 7 октября 2014 г., 18, 23 марта, 12 июля 2016 г., 3 апреля 2018 г., 16 марта 2019 г., Приказом Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения» и других нормативных документов.

Электронная модель системы теплоснабжения г. Заинск (далее по тексту электронная модель) разрабатывалась в целях:

- хранения и актуализации данных о тепловых сетях и сооружениях на них, включая технические паспорта объектов системы теплоснабжения и графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе с полным топологическим описанием связности объектов;
- гидравлического расчета тепловых сетей любой степени закольцованности и, в том числе, гидравлического расчета при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть;
- моделирования всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии;
- расчета энергетических характеристик тепловых сетей по показателю «потери тепловой энергии» и «потери сетевой воды»;
- группового изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования перспективных вариантов схем теплоснабжения;
- расчета и сравнения пьезометрических графиков для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей;
- автоматизированного формирования пути движения теплоносителя до произвольно выбранного потребителя с целью расчета вероятности безотказной работы (надежности) системы теплоснабжения относительно этого потребителя;
- автоматизированного расчета отключенных от теплоснабжения потребителей при повреждении произвольного (любого) участка тепловой сети;
- определения существования пути/путей движения теплоносителя до выбранного потребителя при повреждении произвольного участка тепловой сети;
- использования исходных данных и средств моделирования для определения эффективного радиуса теплоснабжения в зонах действия систем теплоснабжения;

Разработанная электронная модель предназначена для решения следующих задач:

- создание электронной схемы существующих и перспективных тепловых сетей, и объектов системы теплоснабжения г. Заинск, привязанных к топографической основе города с полным топологическим описанием связанности объектов;
- оптимизация существующей системы теплоснабжения (оптимизация гидравлических режимов, определение оптимальных характеристик проектируемых и реконструируемых участков и других объектов тепловых сетей);

- моделирование перспективных вариантов развития системы теплоснабжения (строительство новых и реконструкция существующих источников тепловой энергии, перераспределение тепловых нагрузок между источниками, определение возможности подключения новых потребителей тепловой энергии, определение оптимальных вариантов качественного и надежного обеспечения тепловой энергией новых потребителей);
- оперативное моделирование аварийных ситуаций с целью обеспечения тепловой энергией потребителей;
- оперативного получения информационных выборок, справок, отчетов по системе в целом по системе теплоснабжения города и по отдельным ее элементам;
- мониторинг развития системы теплоснабжения г. Заинск;
- обеспечение ежегодной актуализации схемы теплоснабжения г. Заинск в соответствии с ФЗ-190 «О теплоснабжении» и Постановлением Правительства РФ №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» с изменениями и дополнениями от 7 октября 2014 г., 18, 23 марта, 12 июля 2016 г., 3 апреля 2018 г., 16 марта 2019 г., Приказом Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. N 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения».

Электронная модель выполнена на программно-расчетном комплексе Zulu Thermo, входящем в состав геоинформационной системы Zulu (ГИС Zulu) ООО «Политерм». В базу данных электронной модели внесено описание элементов тепловой сети. Проведен гидравлический расчет тепловой сети. Технической базой для разработки электронной модели являются:

- технических паспортов участков тепловых сетей с тепловыми камерами и павильонами, включая год начала эксплуатации, тип изоляции, тип прокладки, краткую характеристику грунтов в местах прокладки с выделением наименее надежных участков;
- данных о подключенной тепловой нагрузке по видам потребления, определенной по показаниям приборов учета, а в случае их отсутствия, фактической подключенной тепловой нагрузке;
- данных о результатах технических обследований тепловых сетей;
- схем насосных станций и технических паспортов на оборудование насосных станций;
- технических паспортов на устройства защиты от превышения допустимого давления и самопроизвольного опорожнения тепловых сетей;
- электронных и (или) бумажных планшетов тепловых сетей;
- графиков регулирования отпуска тепловой энергии, теплоносителя в тепловые сети;
- данных режимных карт по расходам и давления теплоносителя в контрольных точках тепловой сети;
- описаний типов и схем присоединений теплопотребляющих установок потребителей к тепловым сетям с выделением наиболее распространенных, определяющих выбор и обоснование графика регулирования отпуска тепловой энергии, теплоносителя потребителям, для модели второго уровня - описание типов присоединений теплопотребляющих установок потребителей к тепловым сетям отдельно по каждому потребителю.

В электронную модель системы теплоснабжения включено описание всех зон действия существующих источников тепловой энергии и систем теплоснабжения.

## 2 Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топологической основе и с полным топологическим описанием связности объектов

Электронная модель схемы теплоснабжения г. Заинск выполнена с использованием программного комплекса ГИС ZuluGIS 8.0, а также пакетов расчетов инженерных сетей (теплоснабжение) ZuluThermo. Геоинформационная система Zulu, разработанная компанией «Политерм», г. Санкт-Петербург, более 20 лет активно используется предприятиями сферы энергетики РФ и ближнего зарубежья.

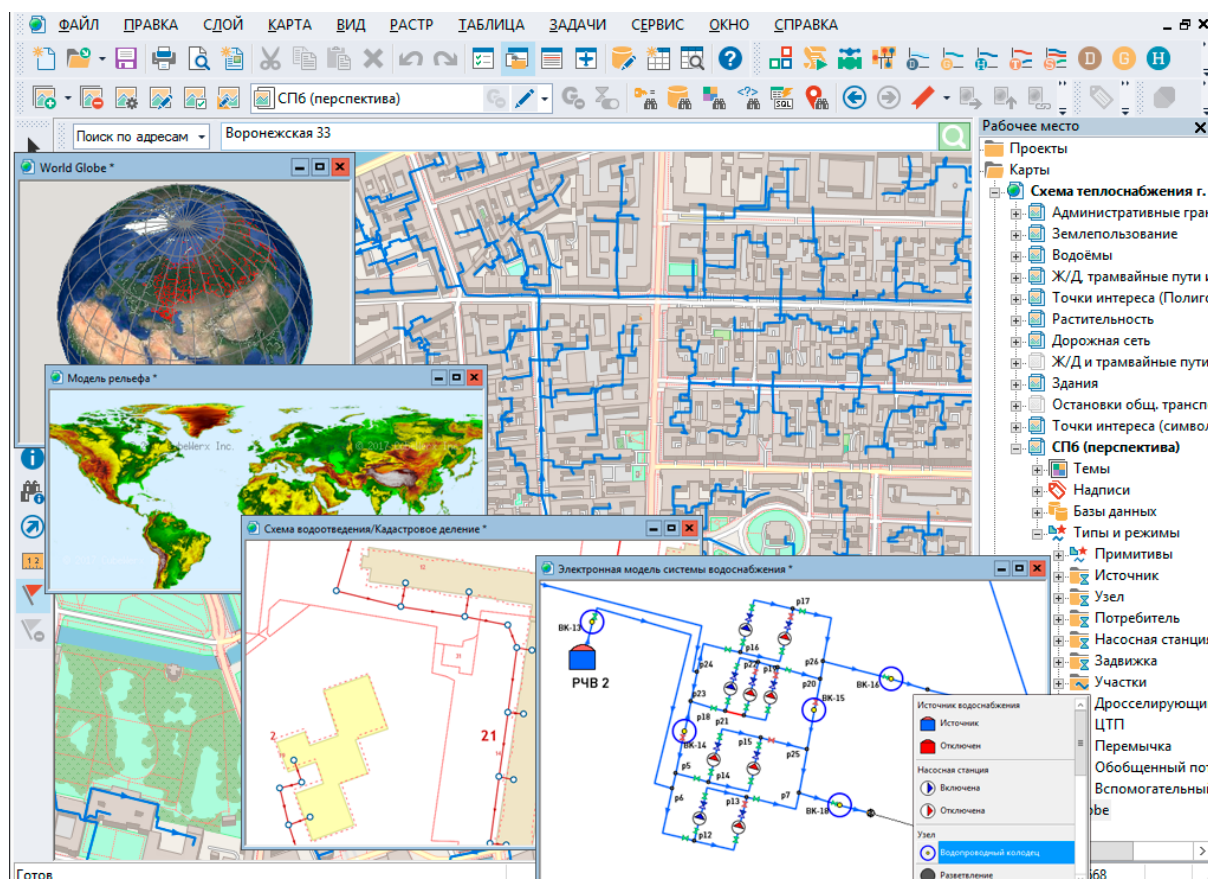


Рис. 2.1. ГИС Zulu

Геоинформационная система ZuluGIS 8.0 написана на языке программирования Visual C++™.

Геоинформационная система ZuluGIS предназначена для редактирования и разработки ГИС приложений, требующих визуализации пространственных данных в векторном и растровом виде, анализа их топологии и их связи с семантическими базами данных.

С помощью ZuluGIS можно создавать всевозможные карты, планы и схемы, включая планы и схемы инженерных сетей с поддержкой их топологии, работать с растрами, тайлами, использовать данные и получать данные из различных источников BDE, ODBC, SQL Server LocalDB и др. Карты могут быть разработаны как в локальной системе декартовых координат, так и в различных географических системах координат.



Ограничений в области применения системы нет.

## 2.1 Возможности ГИС Zulu

Система обладает широкими возможностями и позволяет:

- Создавать карты местности в различных географических системах координат и картографических проекциях, отображать векторные графические данные со сглаживанием и без.
- Осуществлять обработку растровых изображений форматов BMP, TIFF, PCX, JPG, GIF, PNG при помощи встроенного графического редактора.
- Получать пространственные данные с серверов, поддерживающих спецификации WMS (Web Map Service), WMTS (Web Map Tile Service).
- Использовать картографические данные с Tile-серверов в качестве слоев карт и нарезать растровые слои на плитки для последующего использования на Tile-сервере.
- Открывать и использовать файлы в формате GPS eXchange Format (GPX).
- Читать географическую привязку растровых объектов в формате World File. Если World File файл дополнительно снабжен файлом с тем же именем и расширением aux.xml.
- Читать географическую привязку растровых объектов в формате Geotiff.
- Векторизировать растровые изображения в векторные слои:
- Векторные слои в системе ZuluGIS хранятся во внутреннем бинарном формате, обеспечивающем высокую скорость работы с ними.
- При факторизации используются как примитивные объекты (символьные, текстовые, линейные, площадные) так и типовые объекты, описываемые самостоятельно в структуре слоя.
- Работать с семантическими данными, подключаемыми к слою из внешних источников BDE, ODBC или ADO через описатели баз данных (получать данные можно из таблиц Paradox, dBase, FoxPro; Microsoft Access, Microsoft SQL Server; ORACLE и других источников ODBC или ADO).
- Выполнять запросы к базам данных с отображением результатов на карте (поиск определенной информации, нахождение суммы, максимального, минимального значения, и т.д.). Запросы выполняются как с помощью внутреннего конструктора запросов, так и с использованием языка запросов SQL.
- Выполнять пространственные запросы по объектам карты в соответствии со спецификациями OGC.
- Создавать модель рельефа местности и строить на ее основе изолинии, зоны затопления профили и растры рельефа, рассчитывать площади и объемы.
- Экспортировать данные из семантической базы или результаты запроса в электронную таблицу Microsoft Excel™ или в HTML файл.
- Программно или по семантическим данным создавать тематические раскраски, с помощью которых меняется стиль отображения объектов.
- Выводить для всех объектов слоя надписи или бирки, текст надписи может как браться из семантической базы данных, так и переопределяться программно.

- Создавать и использовать библиотеку графических элементов систем тепло-, водо-, паро-, газо- и канализации. Для элементов предусмотрено использование нескольких графических изображений, отражающих режимы их работы.
- Создавать расчетные схемы инженерных коммуникаций с автоматическим формированием топологии сети и соответствующих баз данных.
- Изменять топологию сетей и режимы работы ее элементов.
- Решать топологические задачи (изменение состояния объектов (переключения), поиск отключающих устройств, поиск кратчайших путей, поиск связанных объектов, поиск колец).
- Решать транспортные задачи с учетом топологии дороги.
- Для быстрого перемещения в нужное место карты устанавливать закладки (закладка на точку на местности с определенным масштабом отображения и закладка на определенный объект слоя (удобно для объектов, движущихся по карте).
- С помощью проектов создавать многоуровневые карты, раскрывая с помощью дополнительных уровней структуру объектов схематично изображенных на основной карте.
- Создавать макеты печати.
- Импортировать графические данные из MapInfo (MIF/MID), AutoCAD (DXF) , ArcView (SHP), Metafile (WMF).
- Экспортировать графические данные в MapInfo (MIF/MID), AutoCAD 12 (DXF), ArcView (SHP), Google (KML), Windows Bitmap (BMP).
- Создавать макросы на языках VB Script или Java Script.
- Осуществлять программный доступ к данным через объектную модель для написания собственных конвертеров.
- Создавать собственные приложения, работающие под управлением ZuluGIS.

## 2.2 Основные понятия и определения, представление информации в ГИС Zulu

ZuluGIS хранит два типа информации — графическую и семантическую. Структурная схема представления информации изображена на Рис. 2.2.

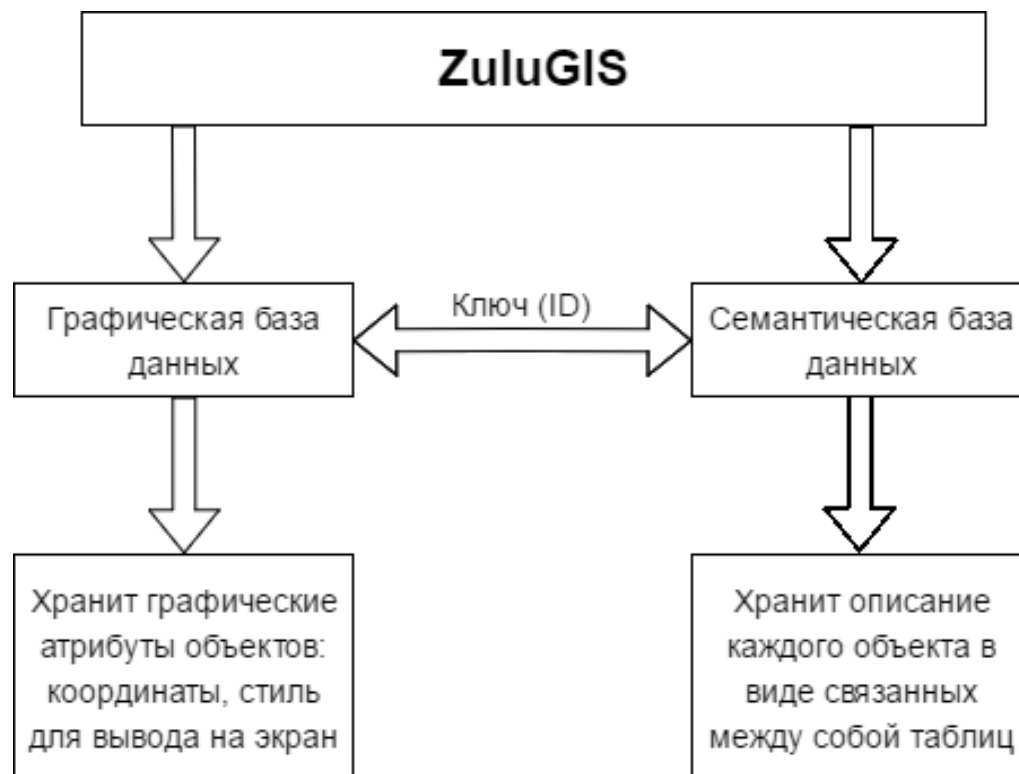


Рис. 2.2. Структурная схема представления информации в ГИС Zulu

*Графические данные* — это набор графических слоев системы. Графический слой представляет собой совокупность пространственных объектов, относящихся к одной теме в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев.

*Семантические данные* представляют собой описание по объектам графической базы. Информация в семантическую базу данных заносится пользователем. Семантическая база данных представляет собой набор таблиц, информационно связанных друг с другом. Одна из таблиц должна обязательно содержать поле связи с картой (по умолчанию это поле называется SYS), то есть поле, в которое заносятся ключевые значения (ID) графических объектов. Например, для слоя «Здания» система хранит в графической базе данных информацию по каждому объекту (координаты каждого контура, цвет линии для каждого контура, цвет и стиль заливки, а также каждый объект слоя имеет уникальный ключ — ID).

Для описания объектов графической базы данных (например, домов) создается семантическая база данных, в которую заносится информация по каждому дому: адрес, номер дома, тип дома и прочее. Для связи семантической и графической баз данных одно из полей семантической базы данных содержит ключ объекта графической базы, к которому относится одна или несколько строк семантической базы. При этом графическая и семантическая базы данных могут находиться в разных каталогах, на разных дисках и даже на разных компьютерах (сервере и локальном компьютере).

*Слой* – совокупность пространственных объектов, относящихся к одной теме (классу объектов) в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев. Послойное или многослойное представление является наиболее распространенным способом организации пространственных данных в послойно-организованных ГИС. Слой является основной информационной единицей системы ZuluGIS. Слои предназначены для хранения графических объектов. Внутри слоя каждый объект имеет идентификатор (ключ), его также называют ID объекта.

*Идентификатор (ID)* – уникальный (в пределах слоя) номер, приписываемый пространственному объекту слоя, присваиваться автоматически, служит для связи позиционной и непозиционной части пространственных данных.

По способу хранения графической информации существуют следующие слои:

- «Векторный слой»
- «Растровый слой»
- «Слой рельефа»
- «Слой с web серверов»
- «Слой Tile-сервера»

*Векторный слой* может содержать: точечные (пиктограммы или «символы»), текстовые, линейные (линии, полилинии), площадные (контуры, поликонтуры) объекты. Кроме того, в векторном слое графические объекты независимо от их графического типа делятся на две разновидности: простые графические объекты (примитивы) и типовые (классифицированные) графические объекты.

Простые графические объекты содержат все атрибуты отображения внутри себя. Типовые графические объекты содержат лишь ссылку на типовую структуру, которая и определяет графический тип, атрибуты отображения и текущее состояние объекта (такие объекты, как правило, используют при нанесении инженерных сетей). Простые графические объекты могут быть связаны с одной семантической базой данных, общей для всего слоя.

Типовые графические объекты связываются только с семантической базой своего типа. Каждый слой может иметь свою библиотеку символов для отображения точечных объектов. Символ представляет собой группу графических примитивов (линий, полигонов, окружностей, текста), имеющих свой стиль, цвет и т.д. Каждая такая группа имеет точку привязки и угол поворота всей группы вокруг этой точки. Кроме того, символ может иметь пользовательское название.

Каждый векторный слой имеет библиотеку стилей заливок для площадных объектов и стилей для линейных объектов. Каждый векторный слой может иметь собственную библиотеку типов объектов. Каждый тип описывает площадной, линейный или символьный типовой графический объект, имеет пользовательское название и может быть связан с собственной семантической базой данных.

Каждый тип объекта имеет от одного до нескольких режимов, которые имеют пользовательское название, и задают различные способы отображения типового объекта. Типовой графический объект принадлежит к одному из типов в библиотеке типовых объектов векторного слоя и находится в одном из режимов данного типа. Отображение объекта зависит от того, как отображается текущий режим объекта данного типа.

Типовые объекты по графическому виду могут делиться на:

Символьные - они отображаются с помощью символа, определяется на местности координатой точки привязки и углом поворота символа вокруг точки привязки. Каждый

режим такого типа обязательно связан с одним из символов библиотеки символов. Для решения различных задач, связанных с инженерными сетями, символьный объект может иметь дополнительный признак, конкретизирующий назначение типа: источник, потребитель, отсекающее устройство или просто узел.

Линейные - представляет собой ломаную. Каждый режим линейного объекта имеет свой цвет, толщину и стиль. Типовой линейный объект может обладать признаком того, что данный тип является участком. Отличие участка от простой ломаной состоит в том, что начало и конец такой ломаной обязательно должны быть связаны с типовыми символьными объектами, т.е. начинаться символьным объектом и заканчиваться символьным объектом.

Площадные - представляют собой замкнутый контур. Каждый режим объекта имеет свой цвет, толщину и стиль линии контура, а также цвет и стиль заливки внутренней области контура.

Текстовые - представляют собой текст с заданными параметрами, такими как шрифт, начертание, размер, выравнивание.

Графическая база данных по каждому из выше описанных векторных слоев представляет собой семейство двоичных файлов, находящихся в одном каталоге и имеющих одно имя и разные расширения.

*Растровым слоем* системы ZuluGIS может быть либо отдельный растровый объект, либо группа растровых объектов. Поддерживаемые форматы растров: BMP, TIFF, PCX, JPEG, GIF, PNG. Растровый объект задается так называемым описателем растрового слоя который определяет файл изображения и физические координаты на местности, соответствующие изображению.

Растровая группа – это объединение растровых объектов, рассматриваемых системой как один объект. Если необходимо постоянно работать с двадцатью растровыми объектами одновременно, то можно загружать двадцать растровых слоев по одному растровому объекту в каждом. Но для удобства эти растровые объекты можно объединить в группу растровых объектов. Тогда система будет воспринимать эти двадцать растров как один слой. Пять растровых групп по двадцать растров в каждой в свою очередь можно объединить в одну и т.д.

*Модели рельефа*, построенные в системе ZuluGIS хранятся в виде особых слоев и бывают двух типов: 1. TIN модель, представляет собой триангуляционную сетку, в которой известны высоты вершин всех треугольников. 2. SRTM (Shuttle radar topographic mission) - «грубая» модель рельефа с использованием файлов высотных отметок полученных из интернета. Слой рельефа может быть импортирован из форматов LandXML TIN, Esri TIN, Intermediate TIN Format (ITF).

В системе помимо растровых и векторных слоев имеется возможность использовать слои с серверов, поддерживающих различные спецификации: WMS (Web Map Service), WMTS (Web Map Tile Service) « WMTS слой».

*Слой Tile-сервера* представляет собой картографическую информацию в виде растровых изображений, нарезанных на небольшие части- плитки или тайлы (tile). Из таких тайлов состоит изображение территории в нескольких масштабах. Подробнее о слоях Tile-сервера можно узнать в разделе Слой Tile-сервера.

*Карта* является основным документом системы ZuluGIS. Она содержит список слоев с параметрами их отображения, характерными для данной карты. Карта может иметь одно или несколько окон. Через окна карты пользователь может работать со слоями карты: просматривать, осуществлять запросы, редактировать, выводить на печать и т.д. Физически

карта является двоичным файлом с расширением *zmp*. Карта хранит основные параметры, перечисленные в таблице. Следует отметить, что карта не содержит графической информации. Графическая информация находится в слоях, а карта хранит только список их имен. При этом слои и файлы карты могут располагаться на компьютере в разных местах. Удалив с диска файл карты, можно потерять только настройки отображения слоев для данной карты.

## 2.3 Моделирование инженерных сетей

Наряду с обычным для ГИС разделением объектов на контуры, ломаные, комбинированные контуры, комбинированные ломаные, ZuluGIS поддерживает линейно-узловую топологию, что позволяет моделировать инженерные сети. Определение: Линейно-узловое представление (векторно-топологическое представление) – разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов, описывающего не только их геометрию, но и топологические отношения между полигонами, дугами и узлами.

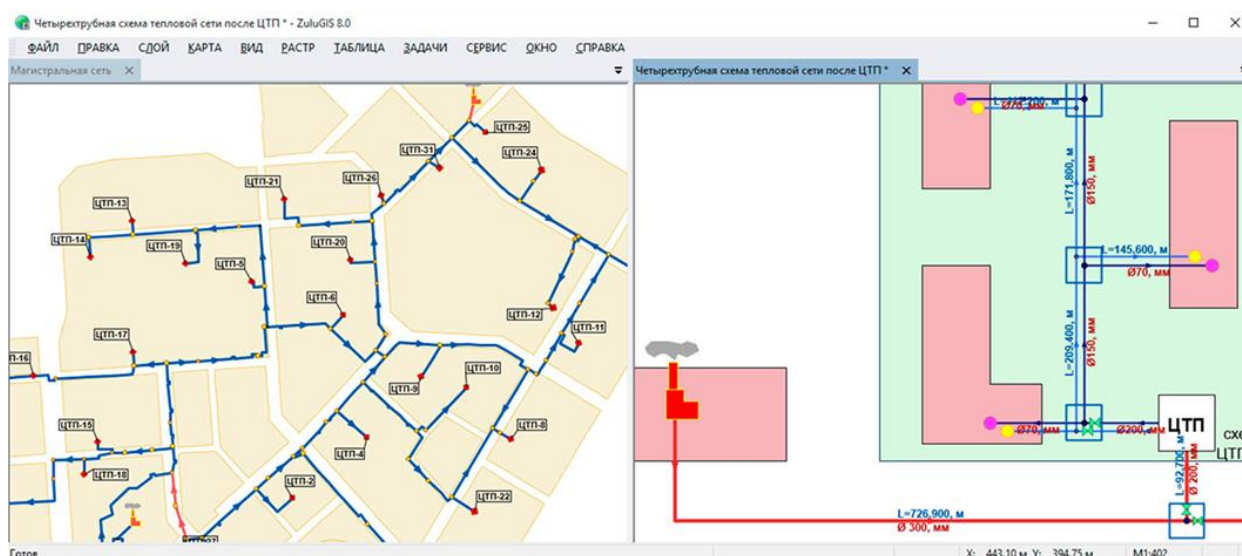


Рис. 2.3. Моделирование инженерных сетей

Система ZuluGIS позволяет создавать классифицируемые объекты, имеющие несколько режимов (состояний), каждое из которых (состояний) имеет свой стиль отображения на карте (схеме). При этом ввод сетей производится с автоматическим кодированием топологии. Нарисованная на экране сеть сразу готова для топологического анализа (информация о связях между объектами заносится автоматически).

В системе предусмотрены средства редактирования инженерных сетей, включающие возможность создания объектов инженерной сети, нанесения сети на карту, а также контроля действий пользователя при определении компонентов сети или изменении ее конфигурации.

## 2.4 Характеристика водоподготовки и подпиточных устройств

Основой ZuluThermo является географическая информационная система ZuluGIS. При помощи ГИС можно создать карту города (населенного пункта) и нанести на неё тепловые сети. ZuluThermo позволяет рассчитывать системы централизованного теплоснабжения большого объема и любой сложности.

Расчету подлежат *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. Используются 46 схемных решения подключения потребителей, а также 37 схем присоединения ЦТП.

Расчет систем теплоснабжения может производиться с учетом утечек из тепловой сети и систем теплопотребления, 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 может быть оформлена в виде документа с использованием макета печати.

Состав расчетов:

- «Наладочный расчет»
- «Поверочный расчет»
- «Калибровка тепловой сети»
- «Конструкторский расчет»
- «Расчет температурного графика»
- «Пьезометрический график»
- «Расчет надежности»
- «Коммутационные задачи»
- «Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию»
- «Анализ термограмм»

### 2.4.1 Наладочный расчет

Целью *наладочного расчета* является качественное обеспечение всех потребителей, подключенных к тепловой сети необходимым количеством тепловой энергии и сетевой воды, при оптимальном режиме работы системы централизованного теплоснабжения в целом. В результате наладочного расчета определяются номера элеваторов, диаметры сопел и дросселирующих устройств, а также места их установки. Расчет проводится с учетом различных схем присоединения потребителей к тепловой сети и степени автоматизации подключенных тепловых нагрузок. При этом на потребителях могут устанавливаться регуляторы расхода, нагрузки и температуры. На тепловой сети

могут быть установлены насосные станции, регуляторы давления, регуляторы расхода, кустовые шайбы и перемычки. Наладочный расчет может проводиться, с учётом диаметров трубопроводов, подобранных в результате конструкторского расчета.

## 2.4.2 Поверочный расчет

Целью *поверочного расчета* является определение фактических расходов теплоносителя на участках тепловой сети и у потребителей, а также количестве тепловой энергии получаемой потребителем при заданной температуре воды в подающем трубопроводе и располагаемом напоре на источнике.

Созданная математическая имитационная модель системы теплоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы, 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 прочие. В качестве теплоносителя может использоваться вода, антифриз или этиленгликоль.

Расчёт тепловых сетей можно проводить с учётом:

- нормативных утечек из тепловой сети и систем теплопотребления;
- нормативных или фактических тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети;
- фактически установленного оборудования на абонентских вводах и тепловых сетях: дросселирующих шайб, регуляторов температуры, давления и прочих элементов автоматизации;
- летнего режима - режима, в котором автоматически отключается отопительная нагрузка и нагрузка на вентиляцию и во время расчета меняются схемы присоединения потребителей и ЦТП.
- регулирование нагрузки на ГВС - позволяет моделировать режимы работы, когда нагрузка на системы ГВС отсутствует (только циркуляция) или отличается от расчетной; процент изменения нагрузки ГВС указывается пользователем.
- данных от измерительных приборов, SCADA и систем автоматизации, полученных с помощью ZuluOPC.
- данных о теплосети, полученных в результате калибровки электронной модели.

Поверочный расчет позволяет рассчитать любую аварию на трубопроводах тепловой сети и источнике теплоснабжения. 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 зоны влияния источников на сеть.



### 2.4.3 Конструкторский расчет

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.
- При реконструкции существующих тепловых сетей.
- При выдаче разрешений на подключение новых потребителей к существующей тепловой сети.

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

Для гибкого решения данной задачи предусмотрена возможность для каждого участка тепловой сети указать критерии подбора (скорость движения воды или удельные линейные потери напора). При подборе диаметров в тепловой сети возможно фиксировать диаметры указанных трубопроводов. Для участков тепловой сети, помеченных как фиксированные, подбор диаметров не производится, а считается уже заданным.

Для расчета потребителей с открытым ГВС можно осуществлять несимметричный подбор диаметров, при задании потребителей нагрузками и долей циркуляции. Раньше такая возможность предоставлялась только при задании потребителей расходами или с применением элемента Обобщенный потребитель.

Возможен расчет диаметров с учетом неравномерности потребления ГВС, которая зависит от количества жителей. Подробнее смотрите раздел «Справочник по коэффициентам часовой неравномерности».

В результате расчета определяются диаметры трубопроводов, располагаемый напор в точке подключения, расходы, потери напора и скорости движения воды на участках сети. Возможно построение пьезографика по результатам расчета.

### 2.4.4 Температурный график

Целью расчета *температурного графика* является определение минимально необходимой температуры теплоносителя на выходе из источника для обеспечения у выбранного потребителя температуры внутреннего воздуха не ниже расчетной. Температурный график строится для отопительного периода с интервалом в 1 °С, (Рис. 2.4.). Предусмотрена возможность задания температуры срезки графика и компенсации недоотпуска тепловой энергии в этот период времени за счет увеличения расхода сетевой воды от источника.

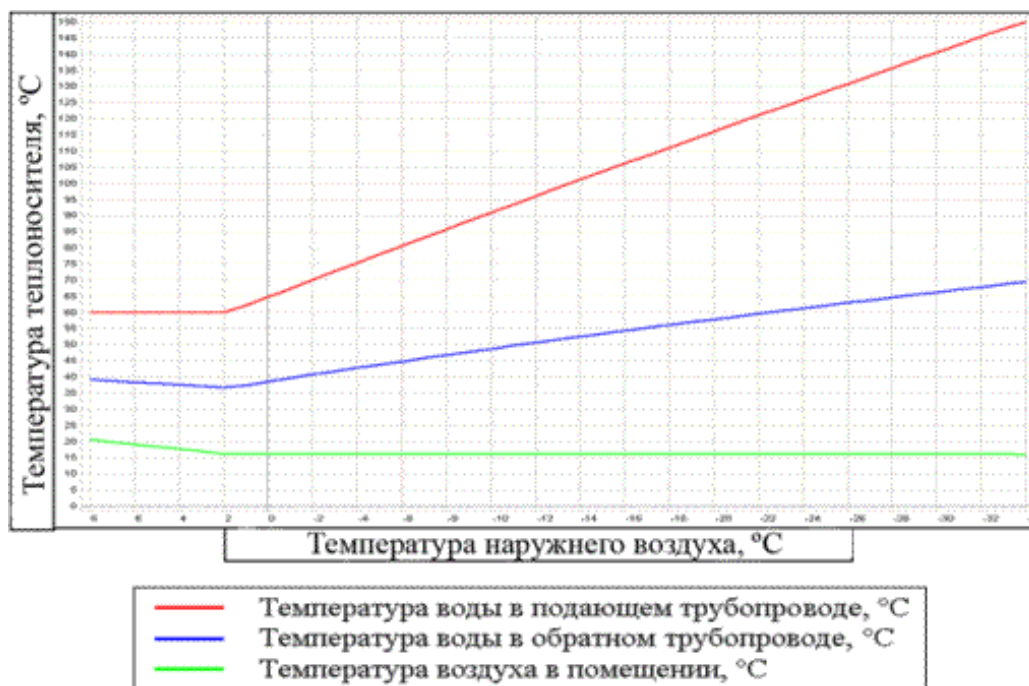


Рис. 2.4. Пример температурного графика

## 2.4.5 Пьезометрический график

Целью построения *пьезометрического графика* (Рис. 2.5.) является наглядная иллюстрация результатов гидравлического расчета (наладочного, поверочного, конструкторского). Настройка графика задается пользователем, по умолчанию на графике отображаются:

- линия давления в подающем трубопроводе красным цветом;
- линия давления вскипания оранжевым цветом.
- линия статического напора голубым пунктиром;
- линия давления в обратном трубопроводе синим цветом;
- линия, обозначающая геодезическую отметку оси (верха) трубопровода.



Рис. 2.5. Пример пьезометрического графика

В таблице под графиком выводятся для каждого узла сети наименование, геодезическая отметка, высота потребителя, напоры в подающем и обратном трубопроводах, величина дросселируемого напора на шайбах у потребителей, потери напора по участкам тепловой сети, скорости движения воды на участках тепловой сети и т.д. Количество выводимой под графиком информации настраивается пользователем.

Также график может отображать падение температуры в тепловой сети, после проведения расчетов с учетом тепловых потерь (Рис. 2.6. ).

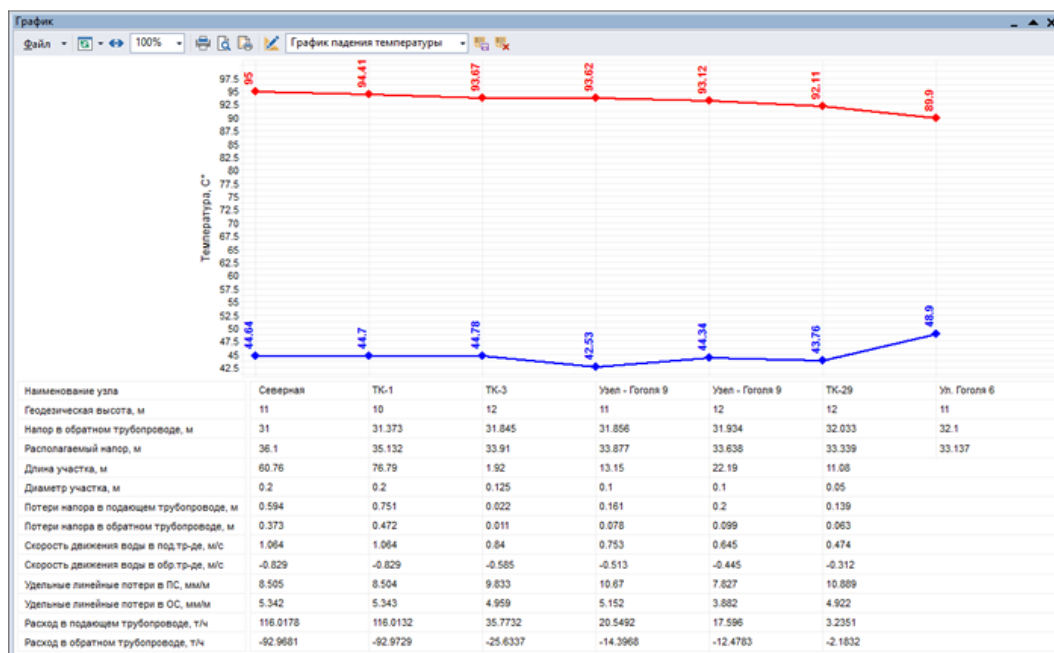


Рис. 2.6. График падения температуры

При этом на график выводятся значения температур в узловых точках по подающему и обратному трубопроводам. Количество выводимой под графиком информации настраивается пользователем.

#### **2.4.6 Расчет надежности**

Целью *расчета надежности* является оценка способности тепловых сетей надежно обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения каждого потребителя. Расчет позволяет обосновать необходимость и эффективность мероприятий, повышающих надежность системы теплоснабжения.

Оценка надежности тепловых сетей осуществляется по результатам сравнения расчетных значений показателей надежности с нормированными значениями этих показателей в соответствии с П18.2 "Определение показателей надежности потребителя, присоединенного к тепловой сети системы теплоснабжения" Приказа Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 "Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения".

Обоснование необходимости реализации мероприятий, повышающих надежность теплоснабжения потребителей тепловой энергии, осуществляется по результатам качественного анализа полученных численных значений.

Проверка эффективности реализации мероприятий, повышающих надежность теплоснабжения потребителей, осуществляется путем сравнения исходных (полученных до реализации) значений показателей надежности, с расчетными значениями, полученными после моделирования этих мероприятий.

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

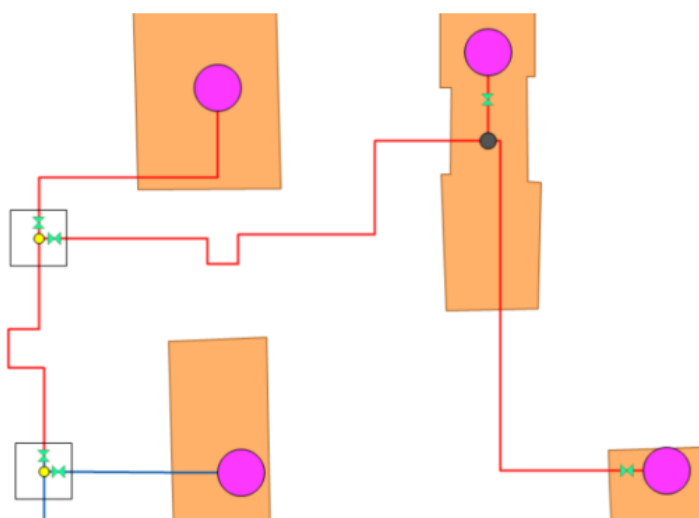


Рис. 2.7. Отображение отключений на карте

#### 2.4.8 Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию

Целью данного расчета является определение нормативных тепловых потерь через изоляцию трубопроводов в течение года. Тепловые потери определяются суммарно за год с разбивкой по каждому месяцу с учетом работы трубопроводов тепловой сети в различные периоды (летний, зимний). Расчет может быть выполнен с учетом поправочных коэффициентов на нормы тепловых потерь.

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), а также по различным владельцам (балансодержателям) участков тепловой сети (Рис. 2.8. )

Возможно копирование исходных данных от одного источника или ЦТП сразу всем объектам, отдельно источникам, ЦТП по контуру отопления или ГВС. Также результаты выполненных расчетов можно посмотреть экспортировать в MS Excel.

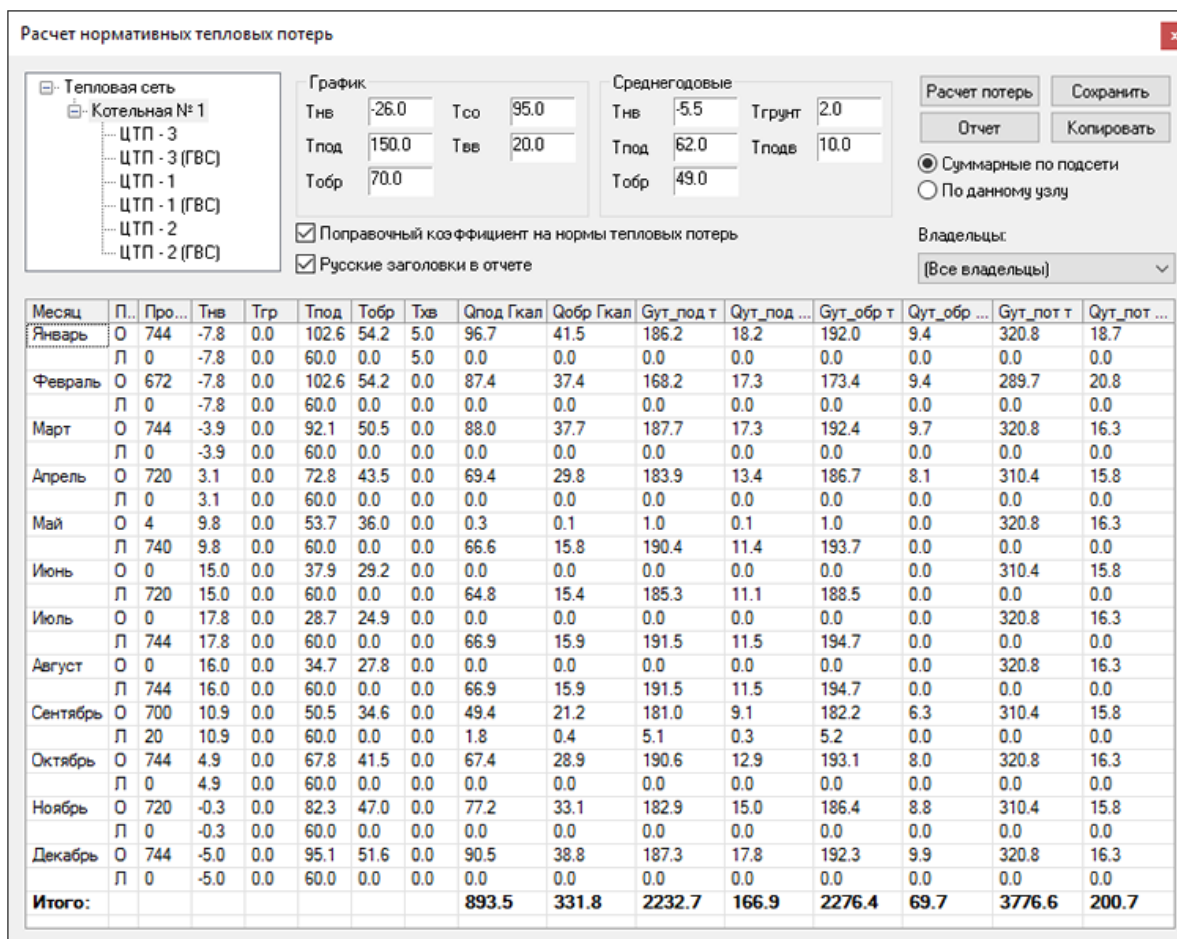


Рис. 2.8. Пример расчета годовых потерь тепла

## 2.4.9 Анализ термограмм

Основная задача - провести совместный анализ термограммы и модели тепловой сети и определить объекты с максимальными тепловыми потерями. Анализ проводится в коридоре (вокруг/ в окрестности) тепловой сети с заданной буферной зоной. Участки тепловой сети во время анализа разбиваются на отрезки с указанным шагом. Результаты анализа термограммы накапливаются в результирующем слое для записи. Слой с результатами анализа термограммы повторяет геометрию тепловой сети, но состоит из более мелких сегментов, которые являются результатом разбиений исходных участков с заданным шагом. В местах установки узловых объектов тепловой сети и на каждом участке находятся расчётные точки, для которых определялись диапазоны температур. Для наглядности каждый объект результирующего слоя будет иметь цвет в зависимости от значения температуры. (Диапазонов цветов пользователь может менять самостоятельно в настройке цветового фильтра). По каждой точке и линейному объекту в базу данных записывается минимальное, максимальное и среднее значение температуры, а также процент от начала и ID исходного участка тепловой сети.

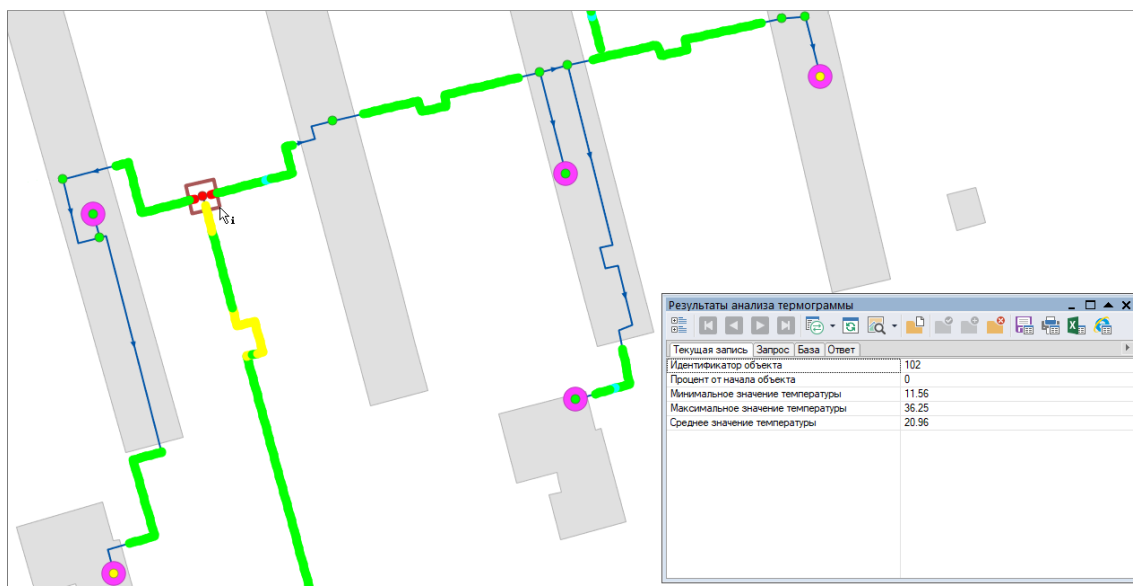


Рис. 2.9. Слой с результатами анализа термограммы

### 3 Электронная модель системы теплоснабжения г. Заинск

Электронная модель системы теплоснабжения г. Заинск разработана с учетом с Требования пункта 55 Приказа Министерства энергетики РФ от 5 марта 2019 г. № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения». Электронная модель г. Нижнекамск содержит:

а) Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе поселения, городского округа, города федерального значения и с полным топологическим описанием связности объектов.

б) Паспортизацию объектов системы теплоснабжения.

в) Паспортизацию и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное.

г) Гидравлический расчет тепловых сетей любой степени закольцованности, в том числе гидравлический расчет при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть.

д) Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии.

е) Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку.

ж) Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя.

з) Расчет показателей надежности теплоснабжения.

и) Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения.

к) Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей.

#### 3.1 Информационно-графическое описание системы теплоснабжения г. Заинск

В результате проведенной работы создана электронная модель системы теплоснабжения г. Нижнекамск в системе ZuluGIS – ZuluThermo. В базе данных электронной модели описаны паспортные характеристики всех типов объектов системы теплоснабжения. Полнота заполнения базы данных по параметрам зависит от наличия исходных данных у теплоснабжающих компаний. Визуальное отображение структуры тепловых сетей представлено на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и **Ошибка! Источник ссылки не найден.**



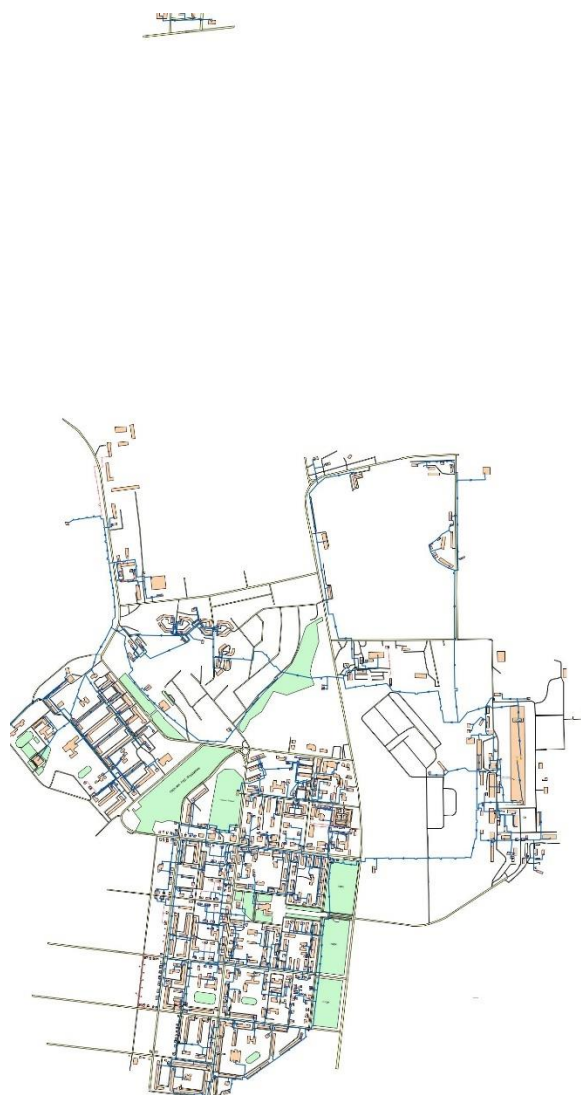


Рис. 3.1. Визуальное отображение структуры тепловых сетей г. Заинск в программе ZuluGIS



Рис. 3.2. Пример представления графической информации центральной части г. Заинск в программе ZuluGIS

### 3.2 Источники тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск

Электронная модель включает описание и характеристики источников тепловой энергии. Перечень источников тепловой энергии, включенных в электронную модель, представлен Главе 1. Тепловую энергию на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителям города Заинск отпускает Филиал АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС, ООО "Теплосервис" Заинского муниципального района. Отпуск тепловой энергии производится от 3 источников теплоты: Заинская ГРЭС Котельная ЗСШ №1 Котельная ЗСШ №5 Теплоснабжение жилых общественных, административных и промышленных зданий, оборудованных системой централизованного теплоснабжения, осуществляется от Заинской ГРЭС и 19 производственных отопительных котельных. Заинская ГРЭС находится в г. Заинске Республики Татарстан. Основным видом топлива является – газ, резервное топливо – мазут. Питание города от Заинской ГРЭС осуществляется двумя магистралями по 2 Ø630 и 2 Ø530 мм. Схемы тепловых сетей запроектированы тупиковыми. На ГРЭС принята разделенная схема подачи тепла на промзона и город. Теплоносителем является перегретая вода с температурой 95-62 °С. Система тепловых сетей – двухтрубная с приготовлением горячей воды в котельных и ЦТП. Система теплоснабжения г. Заинск состоит из двух, не связанных между собой, тепловых сетей:

- ГРЭС – I очередь – старая часть города – открытая, кроме одного микрорайона, где горячее водоснабжение осуществляется от ЦТП-4 по сетям централизованного горячего водоснабжения

- ГРЭС – II очередь – закрытая, с тремя ЦТП-1,2,3 для ГВС со своими теплосетями после ЦТП-1,2,3. В ведении филиала АО «Татэнерго»-Заинская ГРЭС находится насосная второго подъема, 4 ЦТП: - ЦТП-1 оборудовано кожухотрубчатым теплообменником КТО-1 из 6 секций ПВС 16/1 и ВВТО из 1 секции, пластинчатым теплообменником НН №21ТО-16, установленная мощность ЦТП – 7,01 Гкал/ч; - ЦТП-2 оборудовано кожухотрубчатым теплообменником КТО-1 из 6 секций ПВС 16/1 и ВВТО из 1 секции, пластинчатым теплообменником НН №47ТС-16/1 и пластинчатым теплообменником НН №42, установленная мощность ЦТП – 7,87 Гкал/ч; - ЦТП-3 оборудовано кожухотрубчатыми теплообменниками КТО-1 из одной секции ПВС 16/1 и КТО-2 из 8 секций ПВС 12/1 и ВВТО из 1 секции, установленная мощность ЦТП – 2,984 Гкал/ч; - ЦТП-4 оборудовано пластинчатыми теплообменниками НН №21ТС-16/3 количестве 2 шт. и НН №21ТО-16 в количестве 1 шт., установленная мощность ЦТП – 5,75 Гкал/час. - насосная второго подъема на теплосети ГРЭС I очереди оборудована сетевыми насосами СЭ 800-55-11 в количестве 4 шт., общая производительность 3200 м³/час. Регулирование отпуска тепла от ГРЭС центральное, качественно-количественное по отопительному графику. Прокладка тепловых сетей в черте жилой застройки выполнена в непроходных каналах, в рамках промкомзоны – надземная.

Ниже представлены результаты примеров гидравлических расчетов источников тепловой энергии.

Источник ID=4513 Заинская ГРЭС 1 очередь:

|   |                 |
|---|-----------------|
| Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час  | 59.547, Гкал/ч  |
| Расход тепла на систему отопления                     | 42.337, Гкал/ч  |
| Расход тепла на систему вентиляции                    | 0.463, Гкал/ч   |
| Расход тепла на открытые системы ГВС                  | 8.508, Гкал/ч   |
| Расход тепла на закрытые системы ГВС                  | 0.502, Гкал/ч   |
| Расход тепла на циркуляцию                            | 0.862, Гкал/ч   |
| Расход тепла на обобщенных потребителей               | 0.183, Гкал/ч   |
| Тепловые потери в подающем трубопроводе               | 3.74049, Гкал/ч |
| Тепловые потери в обратном трубопроводе               | 2.13566, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе        | 0.35740, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в обратном трубопроводе        | 0.20378, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в системах теплоснабжения      | 0.25381, Гкал/ч |
| Суммарный расход в подающем трубопроводе              | 1295.699, т/ч   |
| Суммарный расход в обратном трубопроводе              | 1165.320, т/ч   |
| Суммарный расход на подпитку                          | 130.379, т/ч    |
| Суммарный расход на систему отопления                 | 1175.417, т/ч   |
| Суммарный расход на систему вентиляции                | 18.503, т/ч     |
| Суммарный расход воды на систему ГВС (открытая схема) | 120.442, т/ч    |
| Расход воды на обобщенные потребители                 | 5.400, т/ч      |
| Расход воды на циркуляцию из подающего трубопровода   | 347.777, т/ч    |
| Расход воды на параллельные ступени ТО                | 92.557, т/ч     |
| Расход воды на утечки из подающего трубопровода       | 2.99911, т/ч    |
| Расход воды на утечки из обратного трубопровода       | 2.99764, т/ч    |
| Расход воды на утечки из систем теплоснабжения        | 3.93999, т/ч    |
| Давление в подающем трубопроводе                      | 44.000, м       |
| Давление в обратном трубопроводе                      | 34.000, м       |
| Располагаемый напор                                   | 10.000, м       |
| Температура в подающем трубопроводе                   | 95.000, °C      |
| Температура в обратном трубопроводе                   | 53.836, °C      |

Источник ID=1162 Заинская ГРЭС 2 очередь:

|  |                 |
|--|-----------------|
| Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час | 25.338, Гкал/ч  |
| Расход тепла на систему отопления                    | 18.394, Гкал/ч  |
| Расход тепла на систему вентиляции                   | 0.262, Гкал/ч   |
| Расход тепла на закрытые системы ГВС                 | 0.604, Гкал/ч   |
| Расход тепла на циркуляцию                           | 0.134, Гкал/ч   |
| Расход тепла на обобщенных потребителей              | 1.324, Гкал/ч   |
| Тепловые потери в подающем трубопроводе              | 2.70605, Гкал/ч |
| Тепловые потери в обратном трубопроводе              | 1.52277, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе       | 0.19926, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в обратном трубопроводе       | 0.10975, Гкал/ч |
| Потери тепла от утечек в системах теплоснабжения     | 0.08188, Гкал/ч |
| Суммарный расход в подающем трубопроводе             | 546.734, т/ч    |
| Суммарный расход в обратном трубопроводе             | 540.191, т/ч    |
| Суммарный расход на подпитку                         | 6.543, т/ч      |

|   |              |
|---|--------------|
| Суммарный расход на систему отопления           | 483.750, т/ч |
| Суммарный расход на систему вентиляции          | 8.365, т/ч   |
| Расход воды на обобщенные потребители           | 39.665, т/ч  |
| Расход воды на параллельные ступени ТО          | 12.563, т/ч  |
| Расход воды на утечки из подающего трубопровода | 2.39088, т/ч |
| Расход воды на утечки из обратного трубопровода | 2.39066, т/ч |
| Расход воды на утечки из систем теплоснабжения  | 1.76138, т/ч |
| Давление в подающем трубопроводе                | 72.000, м    |
| Давление в обратном трубопроводе                | 41.000, м    |
| Располагаемый напор                             | 31.000, м    |
| Температура в подающем трубопроводе             | 95.000, °C   |
| Температура в обратном трубопроводе             | 49.171, °C   |

### 3.3 Потребители тепловой энергии системы теплоснабжения г. Заинск

Электронная модель включает описание и характеристики конечных потребителей тепловой энергии. Описание основных схем присоединений теплоснабжающих установок потребителей к тепловым сетям приведено на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** - **Ошибка! Источник ссылки не найден.**0. Приведены названия и номера схем, используемые в программном комплексе ZuluThermo.

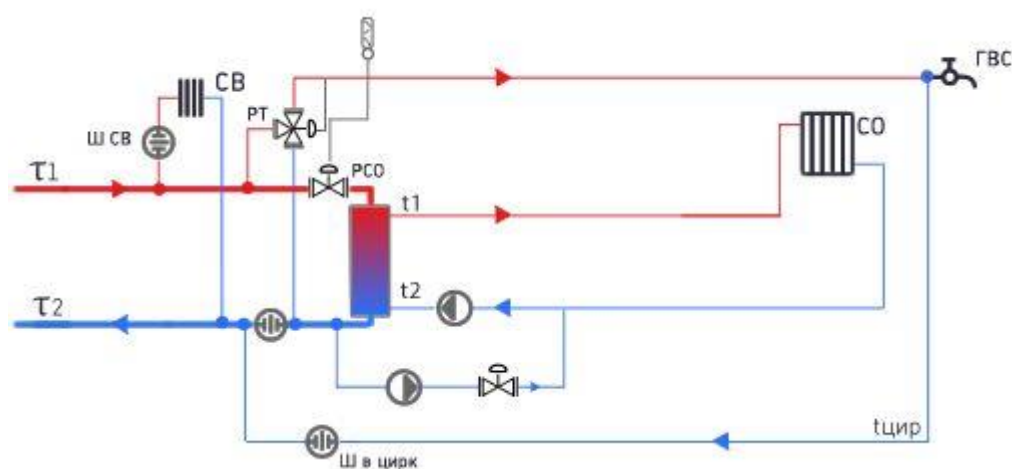


Рис. 3.3. Схема № 3. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и независимым присоединением СО

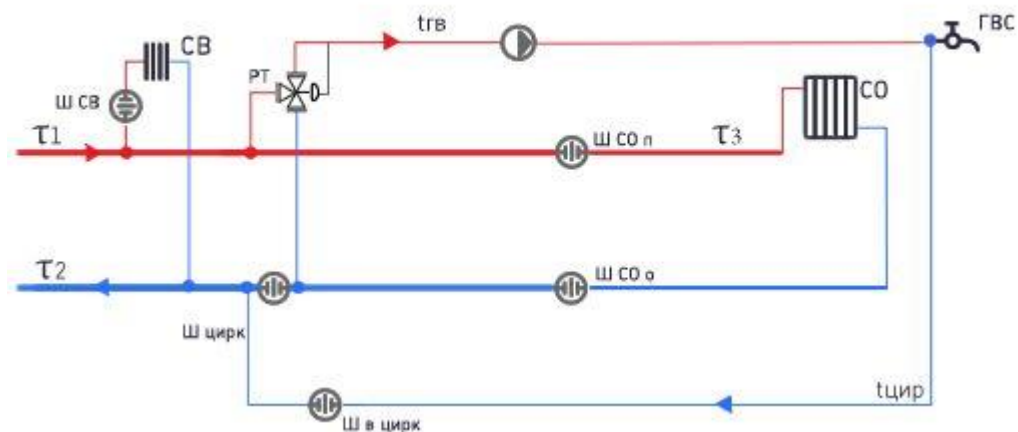


Рис. 3.4. Схема № 4. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и непосредственным присоединением СО

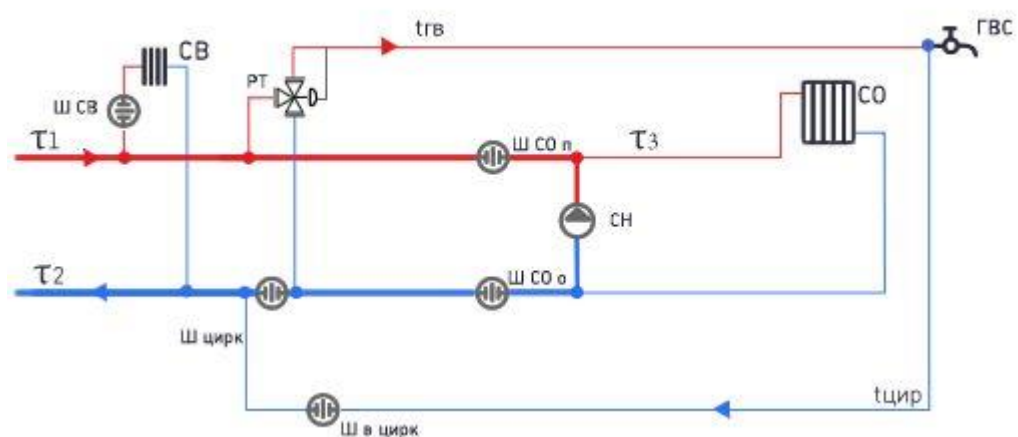


Рис. 3.5. Схема № 5. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и насосным присоединением СО (насос на перемычке)

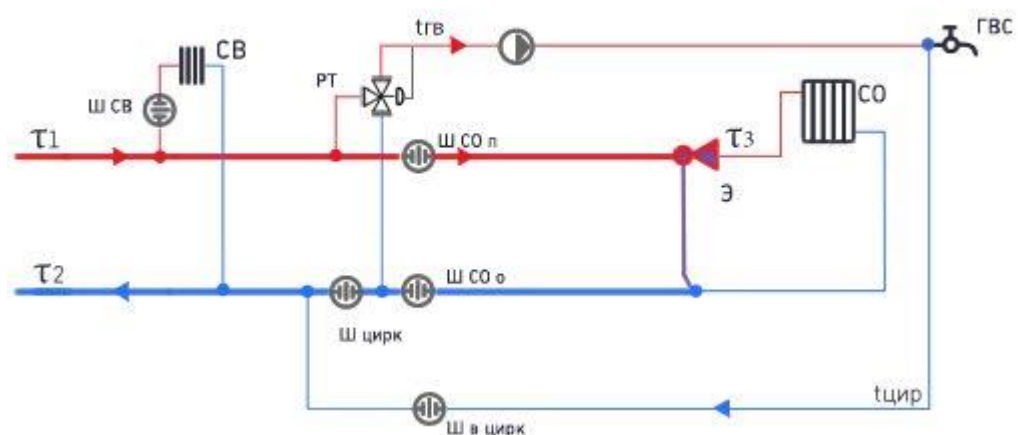


Рис. 3.6. Схема № 6. Потребитель с открытым водоразбором на ГВС и элеваторным присоединением СО

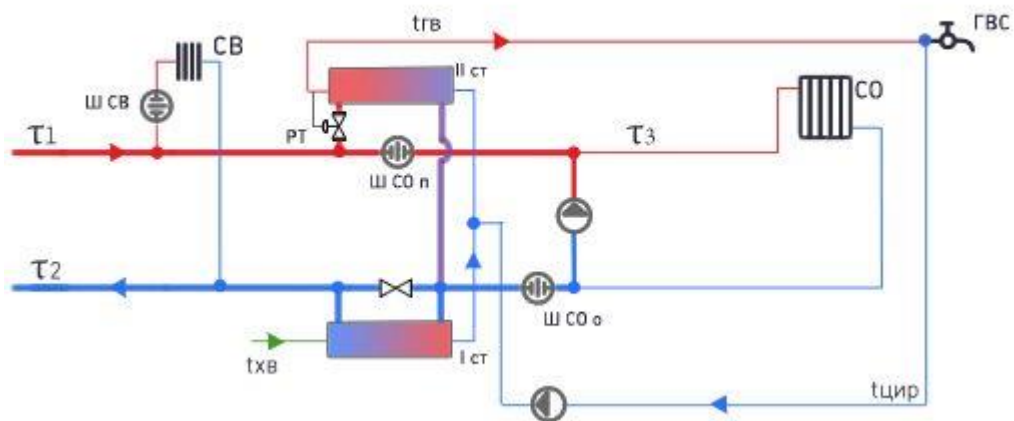


Рис. 3.7. Схема № 17. Потребитель с двухступенчатым смешанным подключением подогревателей ГВС и насосным присоединением СО

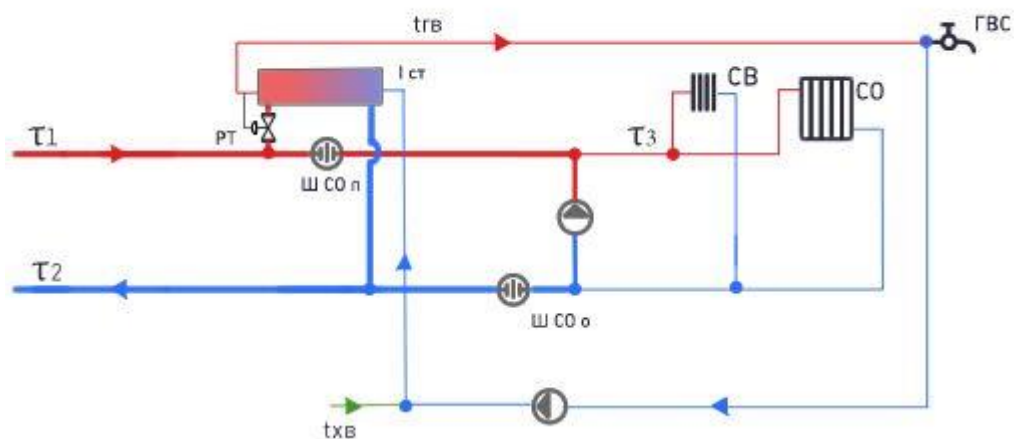


Рис. 3.8. Схема № 21. Потребитель с параллельным подключением подогревателей ГВС и насосным присоединением СО и СВ (насос на перемычке)

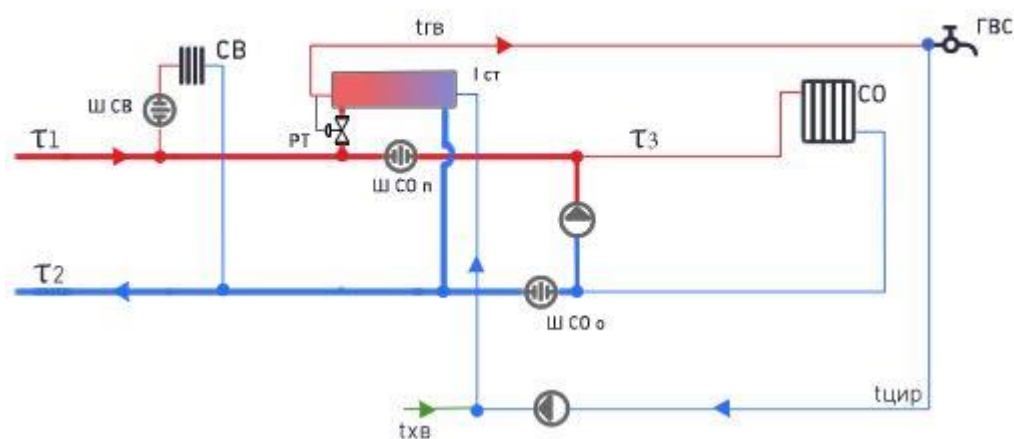


Рис. 3.9. Схема № 23. Потребитель с параллельным подключением подогревателя ГВС и насосным присоединением СО (насос на перемычке)

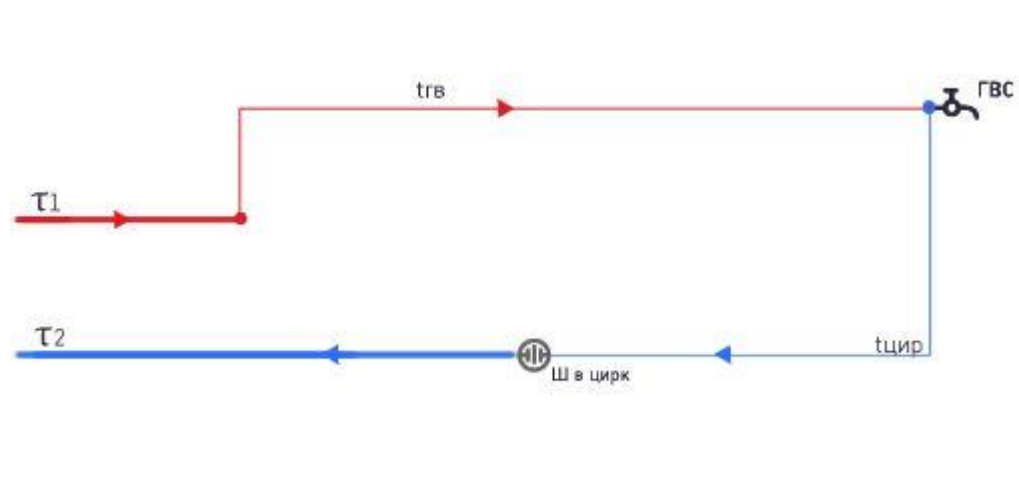


Рис. 3.10. Схема № 26. Потребитель с открытым водоразбором и циркуляционной линией

### 3.4 Калибровка электронной модели тепловой сети г. Заинск

Для объективной оценки влияния мероприятий, направленных на улучшение работы системы теплоснабжения, необходимо использованием адекватной электронной модели. Чтобы обеспечить достоверность результатов моделирования системы водоснабжения, важно провести калибровку модели с учетом реальных полевых данных.

Этот процесс включает в себя сравнение результатов модели с реальными данными, определение областей, в которых данные моделирования не согласуются с реальными данными, определение причин любых расхождений и внесение необходимых корректировок для калибровки модели.

Для калибровки электронной модели были использованы данные гидравлических режимов работы тепловых сетей. Результаты представлены в **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

Табл. 3.1 Данные калибровки режимов работы источников тепловой энергии

| Источник тепловой энергии, магистральный вывод | Параметры гидравлических режимов работы                                  |  |   |   |   |  |   |   | Погрешность между расходом, полученным в эл. модели, и фактическим расходом теплоносителя в трубопроводе (%) |
|--|--|--|---|---|---|--|---|---|--|
|  | по данным фактического режима работы в отопительный период 2020/2021 гг. |  |   |   | по результатам выполненной калибровки электронной модели системы теплоснабжения |  |   |   |  |
|  | Давление в подающем трубопроводе, м вод. ст.                             | Давление в обратном трубопроводе, м вод. ст. | Расход теплоносителя в подающем трубопроводе, т/ч | Расход теплоносителя в обратном трубопроводе, т/ч | Давление в подающем трубопроводе, м вод. ст.                                    | Давление в обратном трубопроводе, м вод. ст. | Расход теплоносителя в подающем трубопроводе, т/ч | Расход теплоносителя в обратном трубопроводе, т/ч |  |
| Заинская ГРЭС АО «Татэнерго»                   |  |  |   |   |   |  |   |   |  |
| 1-ая очередь                                   | 44,0   | 34,0   | 1305,9  | 1153,5  | 44,0  | 34,0   | 1295,7  | 1165,3  | -1,0   |
| 2-ая очередь                                   | 72,0   | 41,0   | 560,4   | 543,6   | 72,0  | 41,0   | 546,7   | 540,2   | 2,4  |



### 3.5 Результаты гидравлических расчетов схемы теплоснабжения г. Заинк

В разделе представлены результаты расчетов по состоянию 2022 года схемы теплоснабжения г. Заинск с учетом подключенных потребителей по 2021 год.

Тепловод 1-ой очереди ЗГРЭС: путь движения теплоносителя от источника до конечного потребителя представлен на Рис. 3.11, пьезометрический графин – на Рис. 3.12.

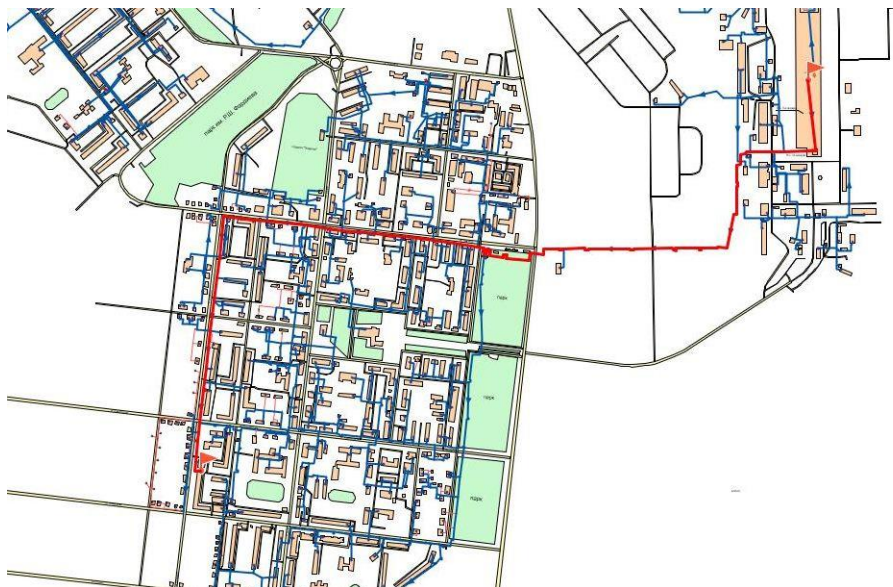


Рис. 3.11. Путь движения теплоносителя от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя по ул. Октябрьская д. 11 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения

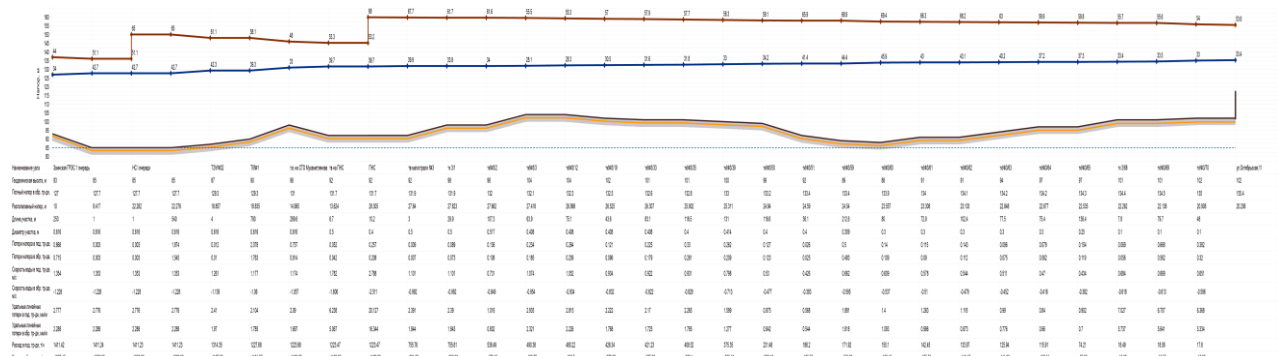


Рис. 3.12. Пьезометрический график от источника ЗГРЭС 1-ая очередь до конечного потребителя по ул. Октябрьская д. 11 по состоянию 2021 года схемы теплоснабжения

| Year | Energy | Total |
|------|--------|-------|
| 1970 | 1      | 1     |
| 1971 | 1      | 1     |
| 1972 | 1      | 1     |
| 1973 | 1      | 1     |
| 1974 | 1      | 1     |
| 1975 | 1      | 1     |
| 1976 | 1      | 1     |
| 1977 | 1      | 1     |
| 1978 | 1      | 1     |
| 1979 | 1      | 1     |
| 1980 | 1      | 1     |
| 1981 | 1      | 1     |
| 1982 | 1      | 1     |
| 1983 | 1      | 1     |
| 1984 | 1      | 1     |
| 1985 | 1      | 1     |
| 1986 | 1      | 1     |
| 1987 | 1      | 1     |
| 1988 | 1      | 1     |
| 1989 | 1      | 1     |
| 1990 | 1      | 1     |
| 1991 | 1      | 1     |
| 1992 | 1      | 1     |
| 1993 | 1      | 1     |
| 1994 | 1      | 1     |
| 1995 | 1      | 1     |
| 1996 | 1      | 1     |
| 1997 | 1      | 1     |
| 1998 | 1      | 1     |
| 1999 | 1      | 1     |
| 2000 | 1      | 1     |
| 2001 | 1      | 1     |
| 2002 | 1      | 1     |
| 2003 | 1      | 1     |
| 2004 | 1      | 1     |
| 2005 | 1      | 1     |
| 2006 | 1      | 1     |
| 2007 | 1      | 1     |
| 2008 | 1      | 1     |
| 2009 | 1      | 1     |
| 2010 | 1      | 1     |
| 2011 | 1      | 1     |
| 2012 | 1      | 1     |
| 2013 | 1      | 1     |
| 2014 | 1      | 1     |
| 2015 | 1      | 1     |
| 2016 | 1      | 1     |
| 2017 | 1      | 1     |
| 2018 | 1      | 1     |
| 2019 | 1      | 1     |

### 3.6 Резервирование тепловых сетей системы теплоснабжения г. Заинск

Тепловую энергию на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителям города Заинск отпускает Филиал АО "Татэнерго" - Заинская ГРЭС, ООО "Теплосервис" Заинского муниципального района.

Система теплоснабжения г. Заинск состоит из двух, не связанных между собой, тепловых сетей: ГРЭС – I очередь – старая часть города; ГРЭС – II очередь.

Схема разделения зон действия тепловодов ЗГРЭС в г. Заинске представлена на Рис. 3.15.

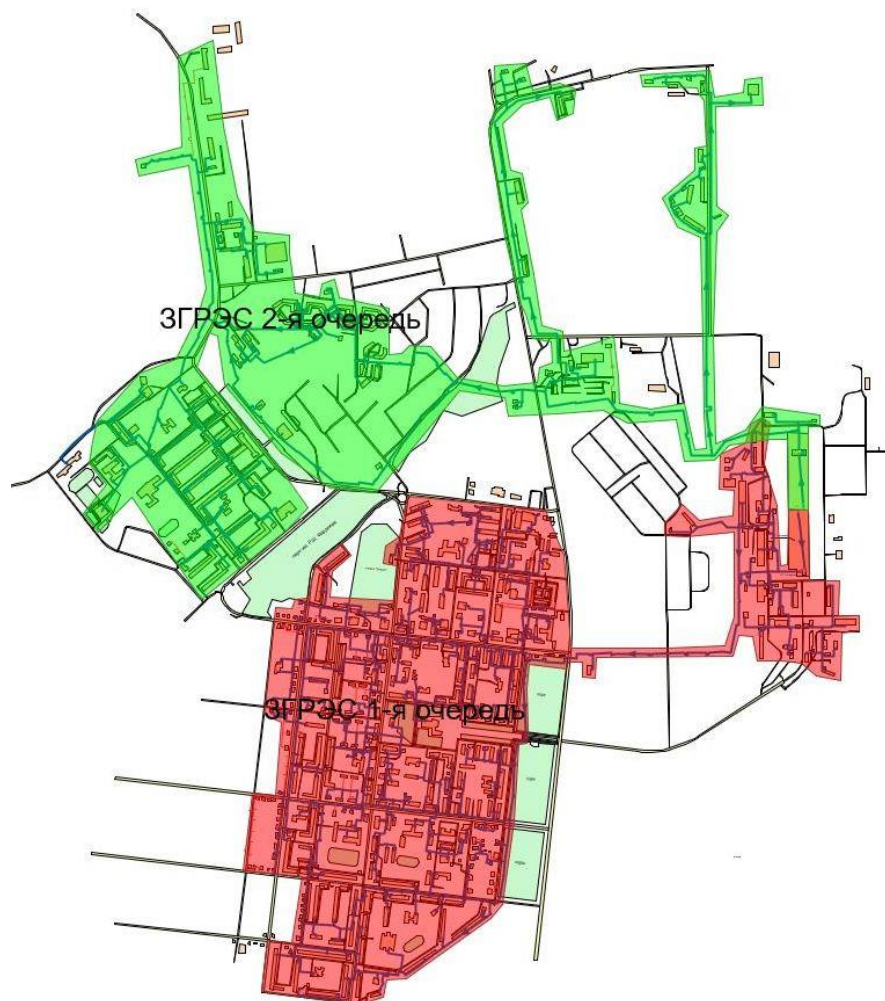


Рис. 3.15. Зоны действия тепловодов сетей теплоснабжения г. Заинск

ЗГРЭС является единственным источником теплоносителя, обеспечивающим теплом большую часть г. Заинск. Во время аварийной ситуации на одном из тепловодов возможно переключение ресурсов другого тепловода для временного обеспечения теплоснабжения в городе.

### **3.7 Электронная модель перспективной системы теплоснабжения г. Заинск**

Для моделирования и анализа развития перспективной системы теплоснабжения г. Нижнекамск в программном комплексе ZuluGIS-ZuluThermo размещены зоны в соответствии с планом планировки территории города. Перспективная подключаемая нагрузка моделируется как обобщенный потребитель.

В разделе представлены результаты расчетов для планируемых к подключению крупных перспективных зон (Табл. 3.2) по состоянию 2036 года схемы теплоснабжения.

Табл. 3.2 Перспективные зоны системы теплоснабжения г. Заинск по состоянию 2036 года схемы теплоснабжения

| Уникальный номер абонента в электронной модели | Адресная привязка    | № кадастрового квартала | Источник тепловой энергии | Год планируемого подключения | Подключенная тепловая нагрузка отопления и вентиляции, Гкал/час | Подключенная среднечасовая тепловая нагрузка ГВС, Гкал/час | Подключенная суммарная тепловая нагрузка Гкал/час |
|--|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|---|--|---|
| ул.Строителей, д.11В<br>перспектива            | ул.Строителей, д.11В | 16:48:060206            | ЗГРЭС                     | 2022                         | 0,446   | 0,749  | 1,487   |
| пр.Победы, поз.34В<br>перспектива              | пр.Победы, поз.34В   | 16:48:060102            | ЗГРЭС                     | 2023                         | 0,04  | 0,0  | 0,04  |
| пр.Победы, д.1/12<br>перспектива               | пр.Победы, д.1/12    | 16:48:060103            | ЗГРЭС                     | 2022                         | 0,073   | 0,027  | 0,1   |



– 3.21.

