



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ОЗЕРСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА  
НА ПЕРИОД ДО 2034 ГОДА  
(АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2023 ГОД)**

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**ГЛАВА 3  
ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	4
2. РАСЧЕТНЫЕ МОДУЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ.....	6
2.1. Общие положения .....	6
2.2. Базовый комплекс.....	6
2.2.1. Построение расчетной модели тепловой сети.....	16
2.2.2. Наладочный расчет тепловой сети .....	16
2.2.3. Поверочный расчет тепловой сети .....	16
2.2.4. Конструкторский расчет тепловой сети.....	17
2.2.5. Расчет требуемой температуры на источнике.....	18
2.2.6. Коммутационные задачи .....	18
2.2.7. Пьезометрический график.....	18
2.2.8. Расчет нормативных потерь тепла через изоляцию.....	19
3. БАЗА ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	20
4. СТРУКТУРА И СОСТАВ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ .....	21
4.1. Общие положения .....	21
4.2. Электронная модель.....	21
5. МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.....	24
6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ КАМЕР.....	25
7. МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ .....	26
8. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ.....	27
9. МОДЕЛИРОВАНИЕ АБОНЕНТОВ, АБОНЕНТСКИХ ВЫВОДОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ .....	28
9.1. Общие положения моделирования .....	28
9.1.1. Создание нового потребителя.....	28
9.1.2. Выбор конфигурации потребителя.....	28
9.1.3. Создание потребителя с новой конфигурацией .....	28
9.1.4. Размещение объекта на “полотне” схемы.....	28
9.1.5. Перемещение надписи потребителя.....	29
9.1.6. Перемещение объекта на полотне схемы .....	29
9.1.7. Перемещение потребителя из одной части полотна в другую при помощи мыши .....	29
9.1.8. Изменение размера объекта .....	29

10. ОПИСАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОСТИ ОБЪЕКТОВ .....	30
11. ОТЛАДКА И КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ .....	31

# **1. ОБЩЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Электронная модель системы теплоснабжения Озерского 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.

## **2. РАСЧЕТНЫЕ МОДУЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ**

### **2.1. Общие положения**

Электронная модель системы теплоснабжения Озерского 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 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 могут быть оформлены в виде документа с использованием макета печати.

### **2.2. Базовый комплекс**

Геоинформационная система «Zulu» и программно-расчетный комплекс «ZuluThermo» позволяет решать необходимый для разработки Схемы теплоснабжения Озерского 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;
  - построение продольного профиля (разреза) по произвольно заданному пути;
  - 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. Харь- ков. 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 картографической базы данных	Собственный	Собственный	Нет данных	SXF	Собственный	Собственный

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, DFX	DXF, MIF/MID, SHP, WMF	Нет данных	SHP, MIF/MID, S57, DXA, DFX9, DFX14, 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 пожеланий пользователей по развитию ПО	Возможно	Возможно	Возможно	Возможно	Практически невозможно	Возможно
Реализация элементов	Нет	Да, в слое	Да, в слое	Да (все виды)	Да (все виды)	Да (все виды)

концептуальных топологических отношений		тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)	тепловых, водопроводных, канализационных, газовых сетей (линейно-узловые)			
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 Озерского городского округа.

При создании векторного слоя тепловых сетей Озерского городского округа использованы схемы магистральных, распределительных и квартальных тепловых сетей, предоставленные АО «РИР», ММПКХ, ММУП «ЖКХ пос. Новогорный» и ФГУП «ПО «Маяк».

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).

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

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

### **2.2.2. 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.

### **2.2.3. 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.

#### **2.2.4. Конструкторский расчет тепловой сети**

Целью конструкторского расчета является определение диаметров трубопроводов типовой 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.

### **2.2.5. 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.

### **2.2.6. 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 теплопотребления. 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 теплопотребления.

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

### **2.2.7. 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, диаметров 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.

#### **2.2.8. 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. 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 Озерского городского округа (масштаб 1:500), представленные Управлением жилищно-коммунального хозяйства и топографические планы (масштаб 1:500), представленные Управлением архитектуры и градостроительства Озерского городского округа.

В электронной модели систем теплоснабжения Озерского городского округа смоделированы магистральные и распределительные тепловые сети, отходящие от источников тепла: Аргаяшской ТЭЦ АО «РИР»; пиковая водогрейная котельная и паровая котельная ФГУП «ПО «Маяк»; блочная котельная Медгородка и котельная пос. Метлино ММПКХ.

## **4. СТРУКТУРА И СОСТАВ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ**

### **4.1. 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.

### **4.2. Электронная модель**

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

ЦТП – это символьный 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 – символьный 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 символьный 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 символьный 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 символьный 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 символьный объект тепловой сети, поддерживающий заданный располагаемый напор после себя.

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

Регулятор давления – это символьный 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.

## 5. 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".



## 6. 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.

## **7. 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.

## 8. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ

Для добавления нового элемента - источник необходимо нажать на кнопку.

На панели редактора появится 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.

## **9. МОДЕЛИРОВАНИЕ АБОНЕНТОВ, АБОНЕНТСКИХ ВЫВОДОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

### **9.1. Общие положения моделирования**

#### **9.1.1. 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.

#### **9.1.2. 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.

#### **9.1.3. 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.

#### **9.1.4. 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.

#### **9.1.5. 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.

#### **9.1.6. 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».

#### **9.1.7. 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 переместиться вместе с курсором, и в желаемом месте отпустите клавишу. Объект теперь будет иметь новое месторасположение.

#### **9.1.8. 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).

## 10. 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.

## **11. 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.