

Публичное акционерное общество «Газпром»

Акционерное общество «Газпром промгаз»

УДК

№ государственной регистрации _____

Инвентарный № _____

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления ЖКХ
Администрации города Глазов

_____ Н.В. Еременко

« ____ » _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора
АО «Газпром промгаз»
д.т.н., профессор

_____ Ю.И. Спектор

« ____ » _____ 20__ г.



**ОТЧЕТ
о научно-исследовательской работе**

№, дата муниципального контракта	№ 0113300023914000405-П1 от 02.02.2015
Наименование муниципального контракта	Разработка схемы теплоснабжения муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики
№, наименование этапа, подэтапа	Этап 4. Подготовка проекта схемы теплоснабжения
Наименование результата	Том 4. Создание «Электронной модели систем теплоснабжения города». Общая пояснительная записка

Заместитель генерального
директора – директор НТЦ
«Комплексное развитие
инженерной
инфраструктуры» в г. Санкт-
Петербурге

_____ 
подпись

А.В. Оплачко

Руководитель работы

_____ 
подпись

Ю.В. Юферев

Москва 2015

Состав Этапа 4 по схеме теплоснабжения муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

Том 1. Сводный том.

Том 2. Разработка схемы теплоснабжения районов МО «Город Глазов». Общая Пояснительная записка.

Том 3. Анализ существующего состояния систем теплоснабжения города. Разработка базовых (существующее положение) тепловых балансов по договорным и фактическим нагрузкам. Общая пояснительная записка.

Том 4. Создание «Электронной модели систем теплоснабжения города». Общая пояснительная записка.

Том 5. Варианты перспективного развития систем теплоснабжения города на период к 2021 году и в долгосрочной перспективе до 2031 года. Общая пояснительная записка.

Том 6. Выбор рекомендуемого варианта.

Том 7. Разработка комплексной программы развития систем теплоснабжения города на пятнадцатилетний период с указанием объемов и стоимости работ. Пояснительная записка.

Том 8. Согласование отчётных документов.

Содержание

Введение	2
1 Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города и топологическим описанием связности объектов	8
2 Паспортизация объектов системы теплоснабжения.....	29
3 Паспортизация и описание расчетных единиц территориального и административного деления	65
4 Гидравлический расчет тепловых сетей.....	75
5 Моделирование переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключения тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии.....	99
6 Расчет балансов тепловой мощности и тепловой нагрузки по зонам действия источников тепловой энергии	110
7 Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя	119
8 Расчет показателей надежности теплоснабжения	127
9 Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения	169
10 Построение сравнительных пьезометрических графиков для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей.....	179

Введение

Работа по разработке схемы теплоснабжения муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики выполняется в соответствии с Техническим Задаaniem (Приложение № 1 к договору № 0113300023914000405-П1 от 02 февраля 2015 года).

Работа выполняется во исполнение Федерального Закона №190-ФЗ «О теплоснабжении» от 09.06.2010 г., устанавливающего статус схемы теплоснабжения как документа, содержащего предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования системы теплоснабжения, ее развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Работа выполняется в соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения», Методическими рекомендациями по разработке схем теплоснабжения (утвержденных приказом Министерства энергетики Российской Федерации и Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2012 года № 565/667), а также иных нормативно-правовых актов Российской Федерации и Санкт-Петербурга, в том числе указанных в пункте 5.2 Технического задания (Приложение № 1 к договору № 248-13-1 от 20 декабря 2013 года).

Цель электронной модели - разработка инструмента математического описания системы теплоснабжения для обоснования принимаемых решений по совершенствованию системы теплоснабжения Глазова на основе решения прикладных задач по теплогидравлическим, балансовым и надежностным расчетам тепловых сетей.

Общие положения

Под электронной моделью системы теплоснабжения понимается математическая модель этой системы, привязанная к топографической основе муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики, предназначенная для имитационного моделирования всех процессов, протекающих в системе теплоснабжения.

Электронная модель системы теплоснабжения муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики обеспечивает:

1) графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города с полным топологическим описанием связности объектов;

2) хранение и актуализацию данных о тепловых сетях и сооружениях на них, включая технические паспорта объектов системы теплоснабжения;

3) выполнение гидравлических расчетов тепловых сетей (любой степени закольцованности, в том числе гидравлических расчетов тепловых сетей при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть);

4) моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии;

5) расчет энергетических характеристик тепловых сетей по показателям «потери тепловой энергии» и «потери сетевой воды»;

6) групповое изменение характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения;

7) расчет и сравнение пьезометрических графиков для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей;

8) автоматизированное определение пути движения теплоносителя до произвольно выбранного потребителя с целью расчета вероятности безотказной работы (надежности) системы теплоснабжения относительно этого потребителя;

9) определение существования пути движения теплоносителя до выбранного потребителя при повреждении произвольного участка тепловой сети;

10) автоматизированный расчет отключенных от теплоснабжения потребителей при повреждении произвольного (любого) участка тепловой сети;

11) определение зон действия изолированных систем теплоснабжения на базе единственного источника тепловой энергии.

Электронная модель системы теплоснабжения муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики разработана в программном комплексе ZuluThermo™, основой которого является географическая информационная система (ГИС) Zulu™. В ГИС созданы карты, на которые нанесены источники, тепловые сети, потребители и другие объекты города.

Модули электронной модели позволяют производить расчет тупиковых и кольцевых сетей многотрубных систем теплоснабжения с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающими от одного или нескольких источников. Модель обеспечивает выполнение теплогидравлических расчетов систем централизованного теплоснабжения с потребителями, подключенными к тепловой сети по различным схемам. При этом используются 32 схемных решения подключения потребителей, а также 29 схем присоединения ЦТП.

Расчет систем теплоснабжения производится с учетом утечек из тепловой сети и систем теплоснабжения, а также тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети. Расчет тепловых потерь ведется либо по нормативным потерям, либо по фактическому состоянию изоляции.

Базовый комплекс электронной модели состоит из следующих расчетных модулей:

- модуль наладочного расчета;
- модуль поверочного расчета;
- модуль конструкторского расчета;
- модуль расчета температурного графика;
- модуль построения пьезометрического графика;
- модуль решения коммутационных задач;
- модуль расчета нормативных потерь теплоты и теплоносителя.

Модуль поверочного расчета электронной модели позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы системы теплоснабжения, а также прогнозировать изменение температуры воздуха в зданиях потребителей. Режимы работы системы анализируются с учётом потерь теплоты и теплоносителя из тепловой сети и систем теплоснабжения фактически установленного оборудования на абонентских вводах и тепловых сетях. Расчеты проводятся с различными исходными данными, в том числе в аварийных ситуациях: отключении отдельных

участков тепловой сети, передаче теплоносителя и тепловой энергии от одного источника к другому и т.п. В качестве теплоносителя может использоваться: вода, антифриз или этиленгликоль.

Результаты расчетов представляются в табличном и графическом виде и могут быть экспортированы в MS Excel. Картографический материал и схемы тепловых сетей оформляются в виде документов с использованием макета печати (см. Приложение А «Альбом характеристик тепловых сетей»).

1 Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города и топологическим описанием связности объектов

В электронной модели система теплоснабжения представлена следующими основными объектами: источник, участок, потребитель, узлы: центральный тепловой пункт (ЦТП), насосная станция, запорно-регулирующая арматура и другие элементы системы теплоснабжения. Все элементы системы являются узлами, а участки тепловой сети - дугами связанного графа математической модели. Каждый объект математической модели относится к определенному типу и имеет режимы работы, соответствующие его функциональному назначению.

Графическое представление объектов системы теплоснабжения

Источник - 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). Внешнее и внутреннее представление источника показано на рисунке 1.

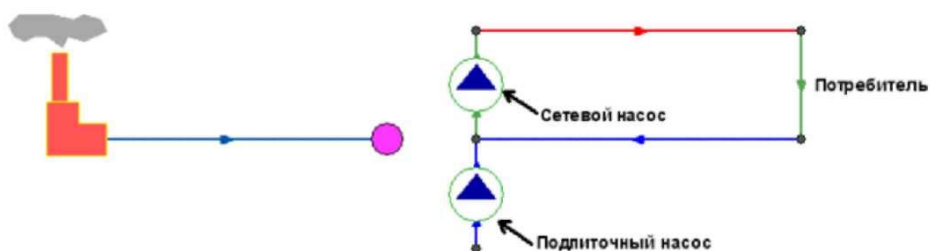


Рисунок 1 – Однолинейное изображение (слева) и внутреннее представление (справа) сети

При работе нескольких источников на одну тепловую сеть внешнее и внутреннее представление имеет вид, представленный на рисунке 2.

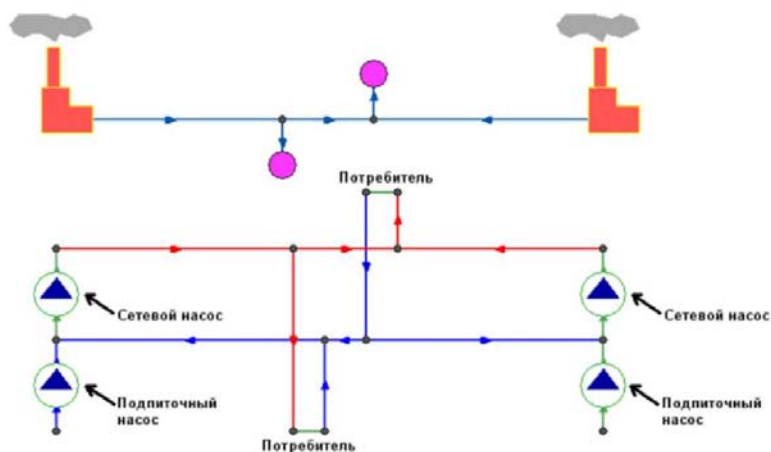
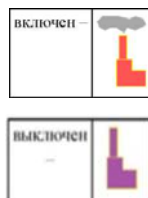


Рисунок 2 – Работа нескольких источников на одну тепловую сеть. Вверху - однолинейное изображение сети, внизу - внутреннее представление

Условные обозначения источника в зависимости от режима работы:



При работе нескольких источников на сеть один из них может выступать в качестве пикового. Внешнее и внутреннее представление для данного случая приведено на рисунке 3

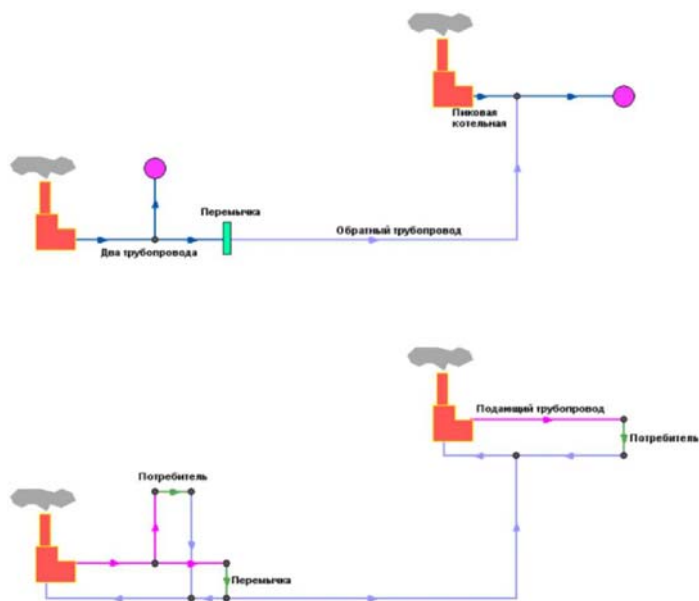


Рисунок 3 – Подключение пикового источника. Вверху - однолинейное изображение сети, внизу - внутреннее представление

Графический тип объекта - символичный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как источник. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 1.

Участок - линейный объект, на котором не изменяются:

- диаметр трубопровода;
- тип прокладки;
- вид изоляции;
- расход теплоносителя.

Двухтрубная тепловая сеть изображается в одну линию и соответствует стандартному изображению сети по ГОСТ 21.605-82. Участок имеет различные режимы работы: «отключен подающий», «отключен обратный» и т.п. (Рисунок 4).

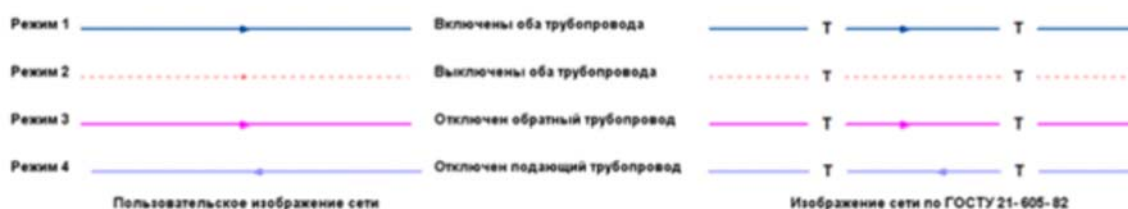


Рисунок 4 - Режимы изображения участка

На рисунке 5 изображена цепочка из участков в однолинейном изображении, имеющих разные режимы работы. Ниже приведено соответствующее ей внутреннее двухлинейное представление этой сети.

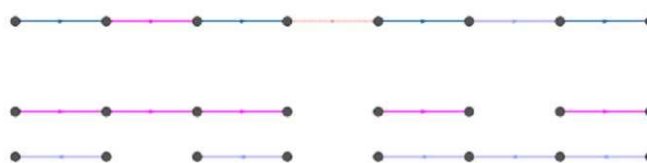


Рисунок 5 - Пример однолинейного и внутреннего представления

На рисунке 6 **Рисунок 6** показана трехтрубная сеть с двумя подающими и одним обратным трубопроводами, а также четырехтрубная система.



Рисунок 6 - Изображение трехтрубной и четырехтрубной сети

Участок как тип инженерной сети может выступать в качестве отсекающего устройства. В этом случае его можно использовать для отключения объектов (например, потребителей). Графический тип объекта - линейный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как участок отсекающий. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 6.

Участок обязательно начинается и заканчивается одним из типовых узлов (объектом сети). Условия завершения участка:

- разветвление - меняется расход;
- изменение диаметра - меняется сопротивление;
- смена типа прокладки (канальная, бесканальная, воздушная) - меняются тепловые потери;
- смена вида изоляции (минеральная вата, пенополиуритан и т.д.) - меняются тепловые потери;
- смена состояния изоляции (разрушение, увлажнение, обвисание) - меняются тепловые потери.

Трубопровод может быть разделен на разные участки в любом месте даже там, где тепловые и гидравлические свойства трубопровода не меняются. Например, трубопровод может быть разделен на участки задвижкой, смотровой камерой на магистрали или узлом, разграничивающим балансовую принадлежность.

При нанесении изображения участков теплопровода стрелкой автоматически формируется направление, соответствующее заданному: от начального узла к конечному. Направление движения теплоносителя в подающем трубопроводе выявляется только после выполнения гидравлического расчета. После выполнения расчета значение расхода в подающем трубопроводе на некоторых участках может быть отрицательным. Отрицательное значение расхода означает, что направление движения теплоносителя в подающем трубопроводе на участке не совпадает с направлением изображения участков теплопровода. Расчетный модуль при установленном флажке *«автоматически изменять направление участков»*, позволяет после выполнения расчетов (наладочный, поверочный) изменить направление стрелки на соответствующее направлению движения теплоносителя по подающему трубопроводу (значение расхода в подающем трубопроводе при этом будет всегда положительно, рисунок 7).

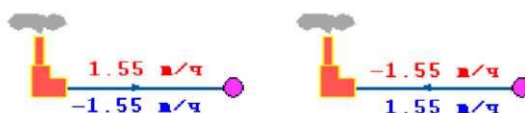


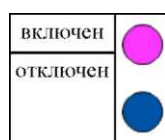
Рисунок 7 - Направление движения теплоносителя

Вспомогательный участок - линейный объект математической модели, имеющий два режима работы. Вспомогательный участок при использовании его с регуляторами давления «до себя» и «после себя» указывает место контролируемого параметра. Вспомогательный участок для ЦТП определяет начало трубопроводов горячего водоснабжения при четырёхтрубной тепловой сети после ЦТП. Графический тип объекта - линейный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как участок отсекающий. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 13.

Потребитель - символьный объект тепловой сети, характеризующийся потреблением тепловой энергии и сетевой воды. В модели существует два вида потребителей: «потребитель» и «обобщенный потребитель».

«Потребитель» - это конечный объект участка, в который входит один подающий и выходит один обратный трубопровод тепловой сети. Под потребителем понимается абонентский ввод в здание.

Условное обозначение потребителя в зависимости от режима работы:



Присоединение потребителя к тепловой сети и его внутреннее представление изображено на рисунке 8.

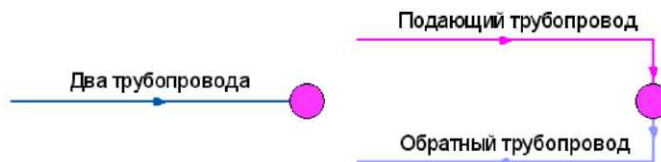


Рисунок 8 - Присоединение потребителя к тепловой сети (слева) и его внутреннее представление (справа)

Внутренняя кодировка потребителя зависит от схемы присоединения тепловых нагрузок к тепловой сети. Используются схемы 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.

На данный момент в модуле предусмотрено использование 32-х схем присоединения потребителей. Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как потребитель. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 3.

«Обобщенный потребитель» - символьный объект тепловой сети, характеризующийся потребляемым расходом сетевой воды или заданным сопротивлением. Таким потребителем моделируется общая нагрузка квартала (рисунок 9).

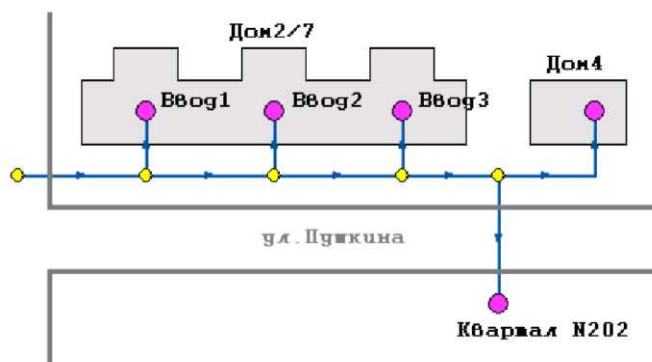
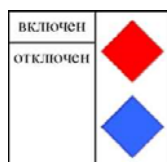


Рисунок 9 - Пример обобщенного потребителя

Объект используется, когда возникает необходимость рассчитать гидравлику сети без информации о тепловых нагрузках и конкретных схемах присоединения потребителей к тепловой сети (например, при расчете магистральных сетей без информации о квартальных сетях для оценки потерь напора в магистралях при задании обобщенных расходов в точках присоединения кварталов к магистральной сети). Условное обозначение обобщенного потребителя в зависимости от режима работы:



Обобщенный потребитель не всегда является конечным объектом сети. В связи с этим, обобщенный потребитель может быть установлен на транзитном

участке. Схема подключения обобщенных потребителей к тепловой сети представлена на рисунке 10.



Рисунок 10 - Сеть с обобщенными потребителями

Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как потребитель. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 12.

Узел - символьный объект тепловой сети. В тепловой сети узлами являются все объекты сети, кроме источника, потребителя и участков. В математической модели внутреннее представление объектов (кроме источника, потребителя, переключки, ЦТП и регуляторов) моделируется двумя узлами, установленными на подающем и обратном трубопроводах.

Простой узел - символьный объект тепловой сети, например, разветвление трубопровода, смена прокладки, вида изоляции или точка контроля для регулятора.

Условное обозначение узловых объектов в зависимости от режима работы:

Тепловая камера	
Разветвление	
Смена диаметра	

На рисунке 11 показан внешний вид узла в однолинейном изображении и во внутреннем представлении в математической модели. В математической модели объект представляется двумя узлами, установленными на подающем и обратном трубопроводах.



Рисунок 11 - Однолинейное изображение (слева) и внутреннее представление (справа) узла

На рисунке 12 представлен вариант подключения одного трубопровода (подающего) к двухтрубной тепловой сети.

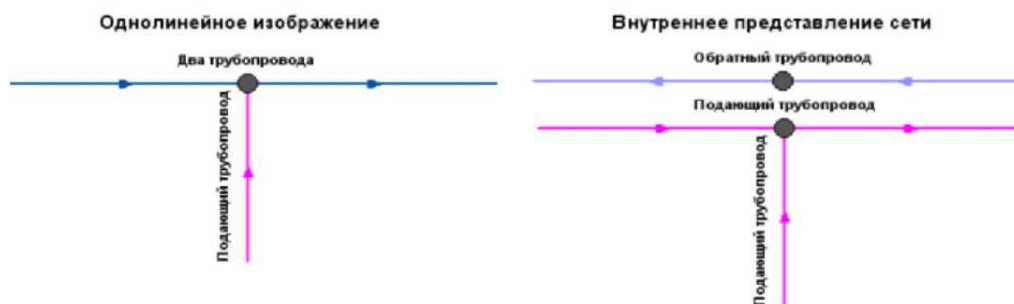


Рисунок 12 - Подключение подающего трубопровода к тепловой сети

Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 2.

Центральный тепловой пункт (ЦТП) - символьный элемент тепловой сети, характеризующийся возможностью дополнительного регулирования и распределения тепловой энергии. Условное обозначение ЦТП:



Наличие такого узла подразумевает, что за ним находится тупиковая сеть с индивидуальными потребителями (Рисунок 13).

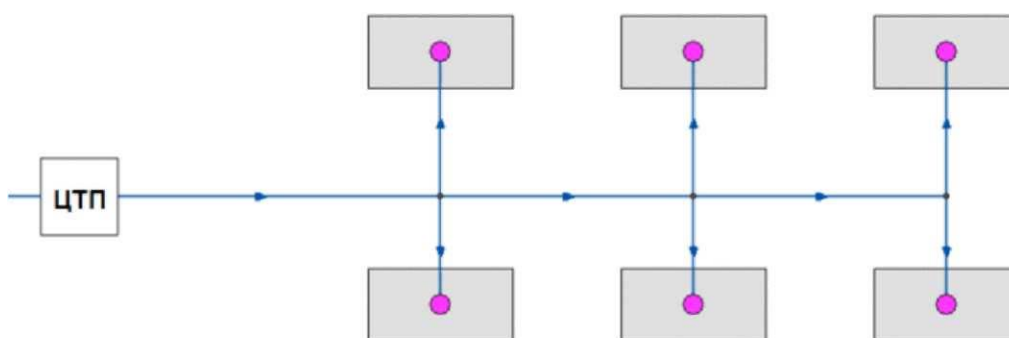


Рисунок 13 - Двухтрубная сеть после ЦТП

Внутренняя кодировка ЦТП зависит от схемы присоединения тепловых нагрузок к тепловой сети. Это может быть, например, групповой элеватор или независимое подключение группы потребителей. Данный расчетный модуль содержит 29 схем присоединения ЦТП. В ЦТП может входить и выходить только один

участок тепловой сети (подающий и обратный трубопровод). При этом, входящий участок направлен к ЦТП (направление стрелки), а выходящий - от ЦТП к следующему объекту. Исключением из данного правила является четырёхтрубная тепловая сеть после ЦТП, в этом случае из ЦТП выходят два участка - один основной и один вспомогательный. Вспомогательный участок используется для подключения трубопровода горячего водоснабжения. Пример однолинейного изображения четырёхтрубной тепловой сети после ЦТП показан на рисунке 14. Графический тип объекта - символичный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 8.

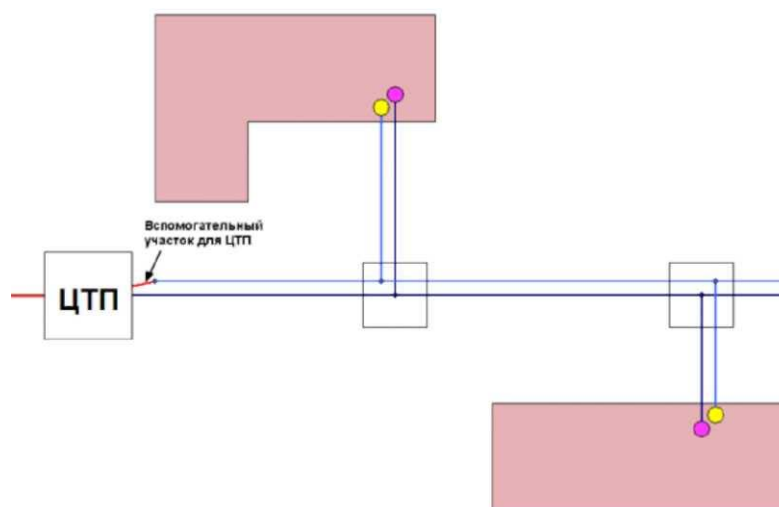


Рисунок 14 - Однолинейное изображение четырёхтрубной сети после ЦТП

Вспомогательный участок указывает начало трубопроводов горячего водоснабжения при четырёхтрубной тепловой сети после ЦТП. Этот небольшой участок заканчивается простым узлом, к которому подключается трубопровод горячего водоснабжения (Рисунок 15).

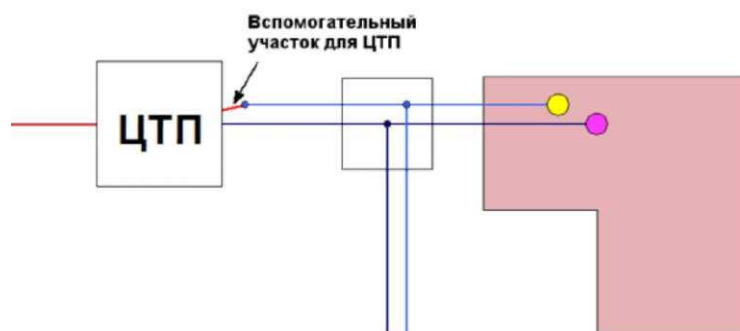


Рисунок 15 - Подключение трубопровода ГВС

Насосная станция - символичный объект тепловой сети, характеризующийся заданным напором или напорно-расходной характеристикой установленного насоса. Условное обозначение насосной станции:



Насосная станция в однолинейном изображении представляется одним узлом, но во внутреннем представлении, в зависимости от заданных параметров в семантической базе данных, может быть установлена на обоих трубопроводах (Рисунок 16).



Рисунок 16 - Однолинейное изображение (вверху) и внутреннее представление (внизу) сети с насосными станциями

Последовательная и параллельная установка насосов на станции в модели схематически изображаются так, как показано на рисунке 17. Если установленные насосы имеют одинаковые характеристики, то на схеме они обозначаются одним объектом с указанием количества работающих насосов.

Графический тип объекта - символичный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 4.

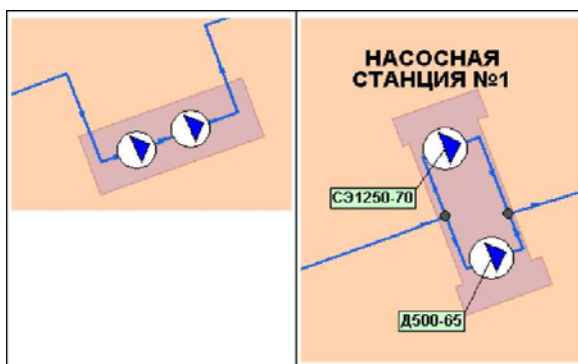


Рисунок 17 - Насосы, работающие последовательно (слева) и параллельно, разных марок (справа)

Задвижка - символичный объект тепловой сети, являющийся отсекающим устройством. Задвижка, кроме двух режимов работы (открыта, закрыта), может находиться в промежуточном состоянии, которое определяется степенью её закрытия. Промежуточное состояние задвижки должно определяться при её режиме работы «Открыто». Условное обозначение запорно-регулирующего устройства в зависимости от режима работы:



Задвижка в однолинейном изображении представляется одним узлом, но во внутреннем представлении, в зависимости от заданных параметров в семантической базе данных, может быть установлена на обоих трубопроводах (Рисунок 18).

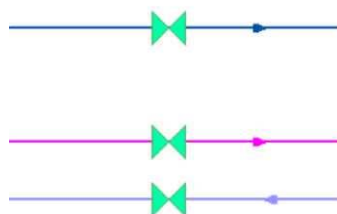


Рисунок 18 - Однолинейное изображение (вверху) и внутреннее представление (внизу) сети с задвижками

Задвижка в режиме «Закрыто» во внутреннем представлении моделируется двумя закрытыми задвижками на обоих трубопроводах. Изображение задвижек, расположенных внутри тепловой камеры, показано на рисунке 19.

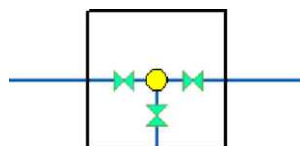
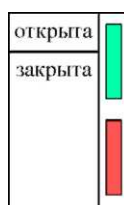


Рисунок 19 - Детализовка тепловой камеры

Графический тип объекта - символичный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как отсекающее устройство. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 5.

Перемычка - символичный объект тепловой сети, моделирующий участок между подающим и обратным трубопроводами. Условное обозначение перемычки в зависимости от режима работы:



Перемычка во внутреннем представлении является участком, соединяющим подающий и обратный трубопроводы, как показано на рисунке 20.

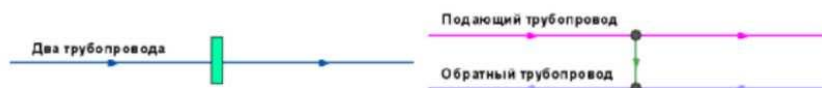


Рисунок 20 - Однолинейное изображение (слева) и внутреннее представление (справа) сети с перемычкой

Так как перемычка в однолинейном изображении представлена узлом, то изображение соединения между подающим трубопроводом одного участка и обратным трубопроводом другого участка выполняется так, как представлено на рисунке 21.



Рисунок 21 - Однолинейное изображение (слева) и внутреннее представление (справа) сети с перемычкой между подающим трубопроводом одного участка и обратным трубопроводом другого участка

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. Изображение этой схемы и её внутреннее представление показаны на рисунке 22.



Рисунок 22 - Однолинейное изображение (вверху) и внутреннее представление (внизу) сети для летнего режима работы открытых систем централизованного теплоснабжения

Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 11.

Дроссельная шайба - символьный объект тепловой сети, характеризующийся фиксированным сопротивлением, зависящим от диаметра шайбы. Дроссельная шайба имеет два режима работы:



Для объекта «Вычисляемая шайба» в результате наладочного расчета определяется количество шайб и их диаметр.

Для объекта «Устанавливаемая шайба» заносится информация о количестве этих устройств и их диаметре.


Дроссельная шайба в однолинейном изображении представляется одним узлом, но во внутреннем представлении, в зависимости от заданных параметров в семантической базе данных, может быть установлена на обоих трубопроводах (Рисунок 23).




Рисунок 23 - Однолинейное изображение (слева) и внутреннее представление (справа) сети с дроссельными шайбами

Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 7.

Регулятор располагаемого напора - символьный объект тепловой сети, поддерживающий заданный располагаемый напор после себя:

 - регулятор располагаемого напора на подающем трубопроводе;

 - регулятор располагаемого напора на обратном трубопроводе.

Регулятор располагаемого напора устанавливается, в зависимости от выбранного режима, на одном из трубопроводов: подающем или обратном (Рисунок 24).

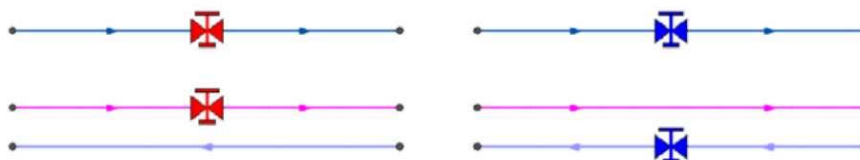




Рисунок 24 - Однолинейное изображение (вверху) и внутреннее представление (внизу) сети с регуляторами располагаемого напора

Графический тип объекта - символьный, относится к объектам инженерных сетей и классифицируется как узел. Уникальный номер (ID) в структуре слоя тепловой сети - ID 7.


Регулятор расхода - символьный объект тепловой сети, поддерживающий заданный расход теплоносителя:


 - регулятор расхода на подающем трубопроводе;

 - регулятор расхода на обратном трубопроводе.

Устанавливается, в зависимости от выбранного режима, на одном из трубопроводов: подающем или обратном.

Регулятор давления - это символьный объект тепловой сети, поддерживающий заданное давление в трубопроводе «до себя» или «после себя»:

 - регулятор давления на подающем трубопроводе;

 - регулятор давления на обратном трубопроводе.

Устанавливается, в зависимости от выбранного режима, на одном из трубопроводов: подающем или обратном (Рисунок 25).

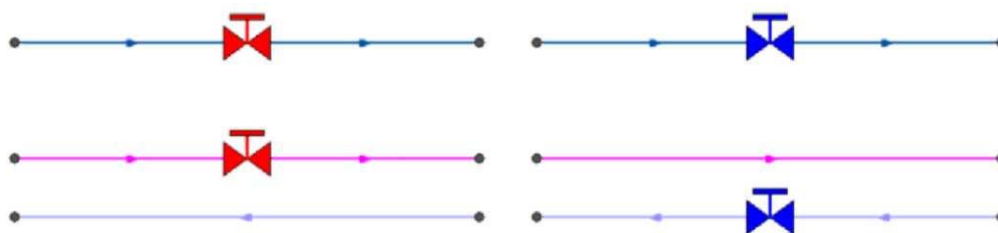


Рисунок 25 - Однолинейное изображение (вверху) и внутреннее представление (внизу) сети с регуляторами давления

Регулятор давления, установленный на подающем или обратном трубопроводе, контролирует давление «до себя» или «после себя» (Рисунок 26). Для указания работы регулятора устанавливается узел контроля (простой узел) и выполняется соединение их вспомогательным участком.

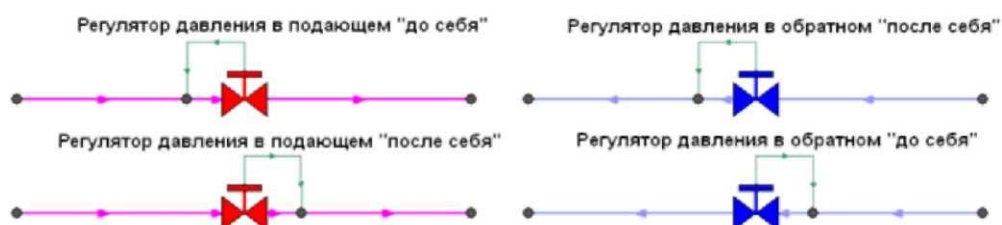


Рисунок 26 - Изображения регуляторов давления "до себя" и "после себя"

На рисунке 27 показан участок трубопровода, на котором установлен регулятор давления «после себя» на подающем трубопроводе, регулирующий давление на всасывающем патрубке насосной станции.

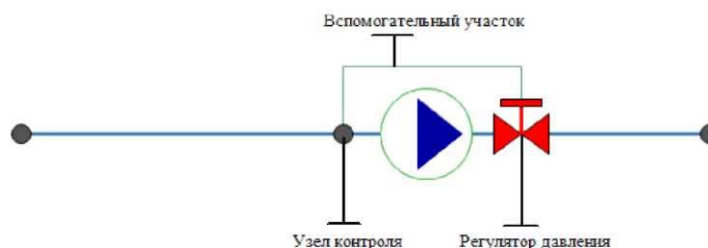


Рисунок 27 - Регулятор давления «до себя» на подающем трубопроводе

Привязка объектов системы теплоснабжения к топографической основе города

Тепловая сеть изображается на карте с привязкой к местности (по координатам, с привязкой к окружающим объектам), что позволяет проводить теплогидрав-

личные расчеты и решать другие задачи, исходя из точного местонахождения тепловых сетей. Примеры изображения тепловой сети на карте с привязкой к местности приведены на рисунке 28, рисунке 29 с подосновами в виде отдельных слоев и единого слоя OpenStreetMap, соответственно.

Тепловая сеть изображается схематично, при этом важно, что объекты тепловой сети (узлы) соединяются участками (дугами). Степень детализации при изображении тепловой сети на карте с привязкой к местности или при схематичном изображении может быть различной. Наличие компенсаторов и запорных устройств влияет на гидравлические потери в тепловой сети. Все местные сопротивления заносятся в базу данных для адекватного моделирования гидравлических потерь. В связи с этим, точность и детальность отображения сети на карте на результаты расчетов не влияют.

Топологическое описание связности объектов

Топологическое описание тепловой сети находится в файле описателя, формируемого автоматически в процессе разработки электронной модели. Так, например, описание растрового изображения содержится в текстовом файле с расширением ZRS. Файл состоит из следующих блоков:

- заголовок;
- параметры привязки;
- точки привязки;
- область отображения.

Параметры блоков файла описаны ниже, а пример содержания файла описателя приведен в п. «Пример файла описателя».

Заголовок

Заголовок состоит из трех строк:

- Zulu GIS Data – обязательно должна быть первой строкой файла;
- Version: 7.0 – версия описателя;
- Type: raster – указывает на то, что описываются растровые данные.

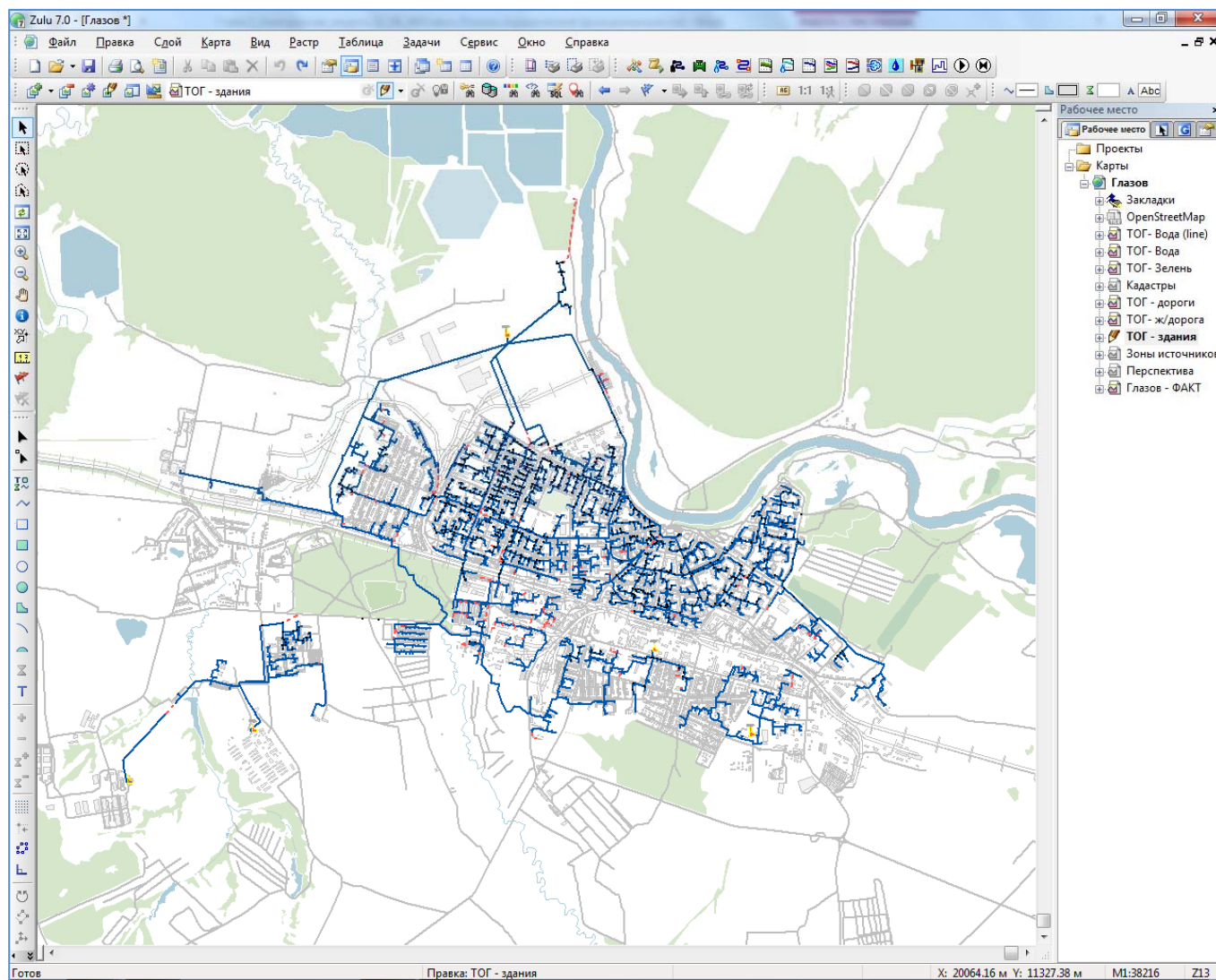


Рисунок 28 - Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

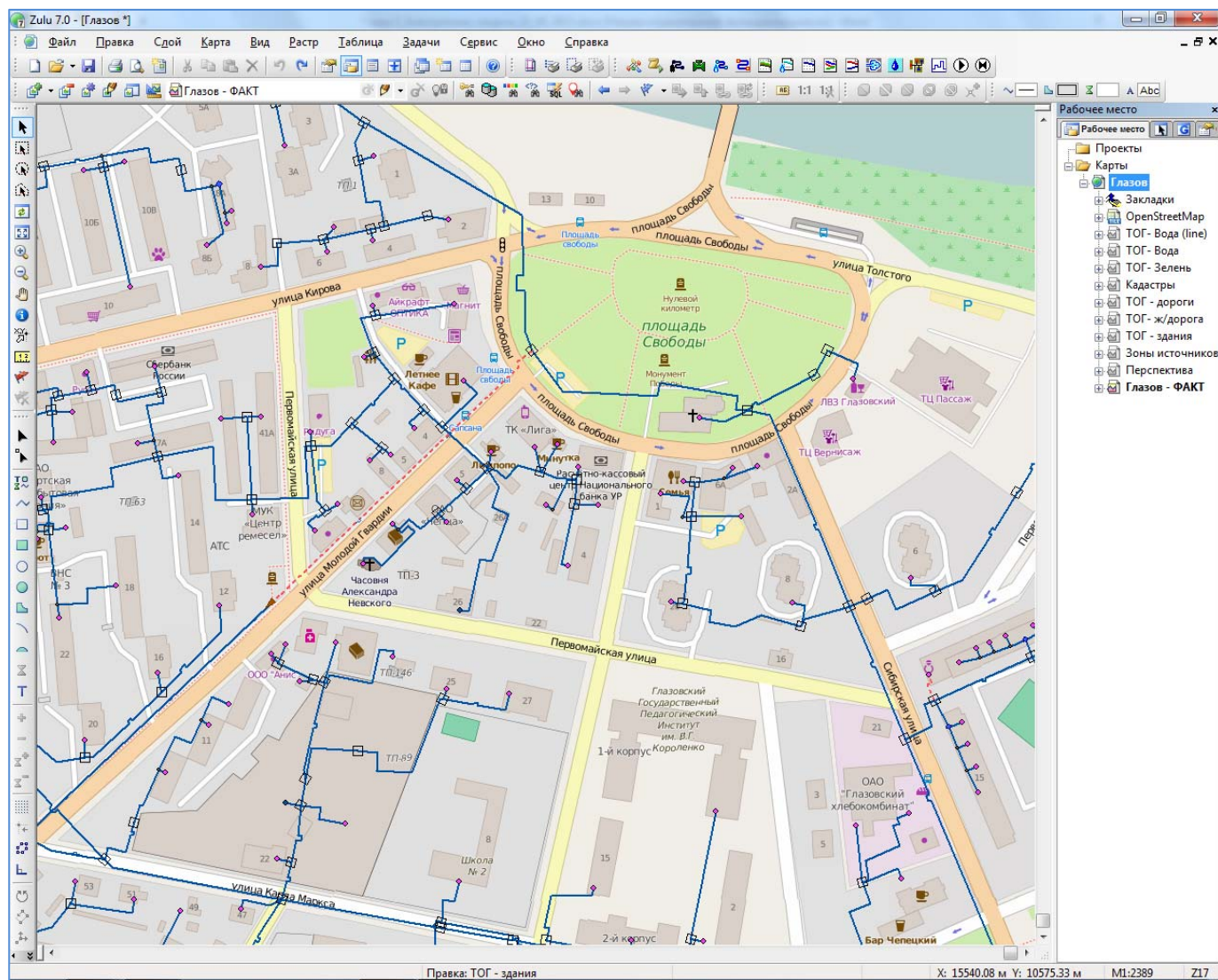


Рисунок 29 - Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

Параметры

В зависимости от системы координат точек привязки количество параметров может быть различно. Каждый параметр задается в отдельной строке файла (Таблица 1). Формат параметров: <название><двоеточие><пробел><значение>.

Таблица 1 - Параметры описателя

Параметр	Единицы	Описание
File	Строка	Имя файла растрового изображения может содержать либо полный путь, либо путь относительно файла описателя
Timestamp Xmin Ymin Xmax Ymax		Служебные параметры. Создаются системой
Units	Строка	Единица измерения координат местности точек привязки. Могут принимать значения: "degree" – градусы "m" – метры "cm" – сантиметры "km" – километры
Datum	Число	Код датума
Projection	Число	
K0	Число	Масштабный коэффициент
Lon0	Градусы	Центральный меридиан
Lat0	Градусы	Начальная широта
Lon1	Градусы	Стандартная широта 1
Lon2	Градусы	Стандартная широта 2
FE	Метры	Восточное смещение
FN	Метры	Северное смещение
White	Строка	Отображение белого цвета. Может принимать значения "Yes" "No". По умолчанию – "Yes"
Transparency	Число	Прозрачность изображения. Может принимать значения от 0 до 100. 0 – полностью непрозрачный
Cache	строка	Наличие постоянного кэша. Может принимать значения "On" "Off". По умолчанию – "Off". Работает только для файлов в формате BMP
Color BkColor	шестнадцатеричное число	Два цвета для палитры монохромных растров

Точки привязки

Первая строка блока имеет вид:

Points: <n>, где n – количество точек привязки.

Далее, следуют строки, по количеству точек привязки, содержащие координаты точек привязки в формате: <X растра><пробел><Y растра><пробел><N местности><пробел><E местности>

X, Y растра – целые числа, задающие координаты точки на растре в пикселях. Ось X направлена вправо, ось Y – вниз. Точка (0, 0) – верхний левый угол растра.

N, E местности – десятичные числа, задающие координаты на местности, соответствующие указанным выше проекции и единицам измерения. Ось N направлена вверх, ось E – вправо.

Область отображения

Область отображения – это полигон, вершины которого задаются последовательностью точек на растре. В описателе растрового изображения этот раздел может отсутствовать.

Первая строка: CutPoints: <n> , где n – количество вершин полигона

Далее, следуют строки, по количеству вершин полигона, содержащие координаты точек на растре: <X растра><пробел>< Y растра>

X, Y растра – целые числа, задающие точку на растре в пикселях. Ось X направлена вправо, ось Y – вниз.

Точка (0, 0) – верхний левый угол растра.

Пример файла описателя

```
Zulu GIS Data
Version: 7.0
Type: raster
File: 001M--J39.GIF
Timestamp: 30103300-698323200
Units: degree
Xmin: 3972564.670000
Ymin: 216600.080000
Xmax: 4444092.370000
Ymax: 783936.560000
Datum: 1001
Projection: 8
K0: 1.00000
Lon0: 51.00000000
FE: 500000.000000
FN: 0.000000
```

Points: 9

```
188 79 40.000000 48.000000
2211 101 40.000000 51.000000
4231 54 40.000000 54.000000
```

146 1828 38.000000 48.000000
2225 1848 38.000000 51.000000
4297 1803 38.000000 54.000000
99 3575 36.000000 48.000000
2236 3596 36.000000 51.000000
4363 3550 36.000000 54.000000

CutPoints: 32

188 79
694 91
1199 99
1705 102
2210 101
2715 96
3220 86
3725 72
4231 54
4248 491
4265 928
4282 1365
4298 1802
4315 2239
4331 2676
4347 3113
4363 3550
3830 3568
3297 3581
2764 3590
2231 3595
1698 3596
1165 3593
632 3586
99 3575
109 3138
120 2701
131 2264
142 1827
153 1390
165 953
176 516

Описание файловой структуры пакета, а также особенностей формирования схем теплоснабжения различной степени сложности приведены в руководствах и инструкциях производителя ПК «ZuluTermo» (ООО «Политерм» www.politerm.com).

2 Паспортизация объектов системы теплоснабжения

Электронная модель обеспечивает паспортизацию технических характеристик элементов системы теплоснабжения, которая позволяет учитывать индивидуальные технические характеристики реальных объектов при выполнении расчетных задач.

Система паспортизации включает описания следующих основных объектов:

- Источник;
- Участок;
- Потребитель;
- Обобщенный потребитель;
- ЦТП;
- Узел;
- Насосная станция;
- Задвижка.

Примеры представления данных по объектам паспортизации в системе «ZuluTermo» приведены на рисунках 30÷37.

При описании индивидуальных технических характеристик указанных объектов используются следующие типы данных:

- данные паспорта теплосетевого объекта - Д;
- данные произведенного расчета электронной моделью - Р.

В таблицах 2÷9 представлено описание полей баз данных по объектам паспортизации системы «ZuluTermo».

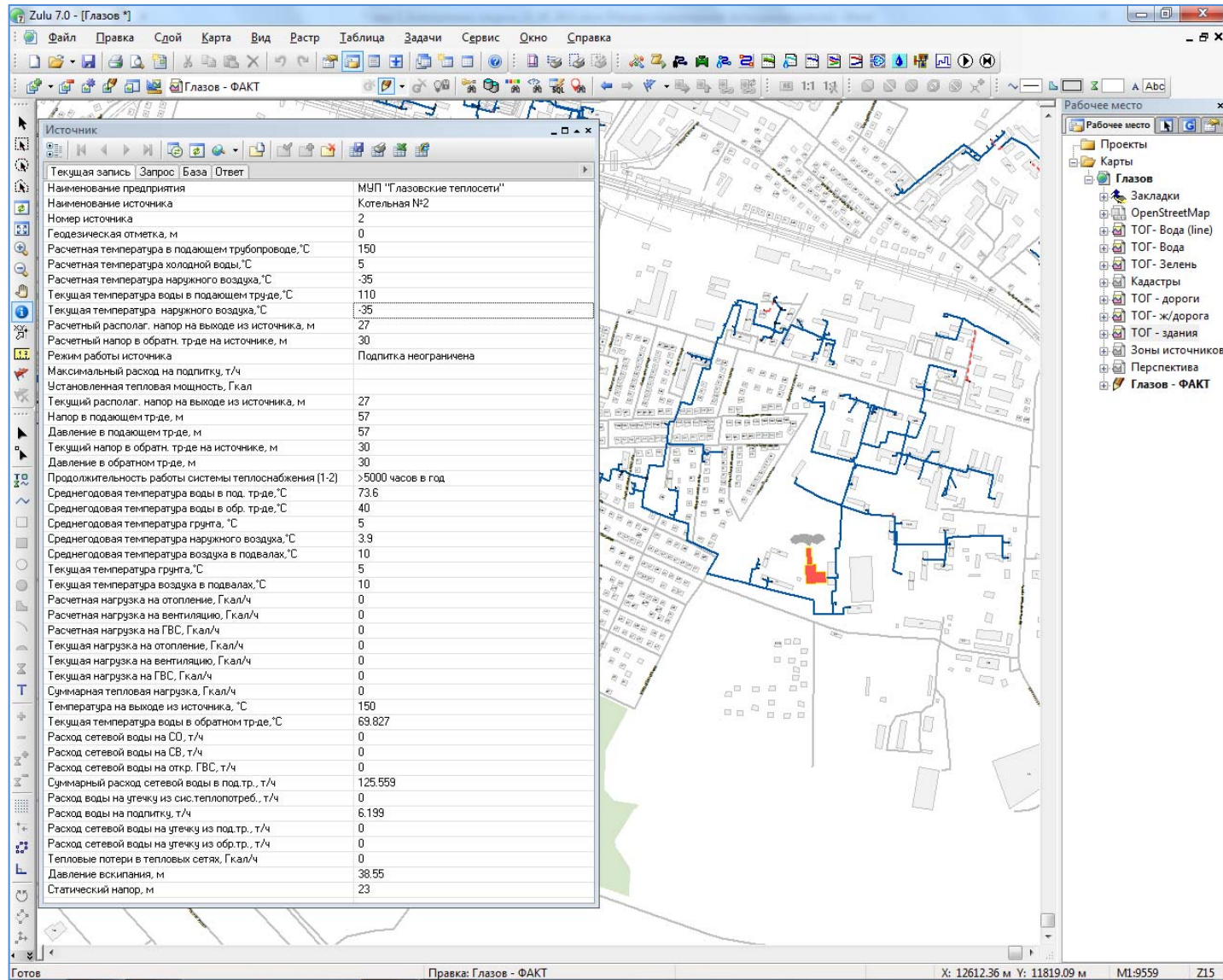


Рисунок 30 – Представление базы данных по объекту паспортизации Источник тепловой энергии в ПК «ZuluТермо»

Таблица 2 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации *Источник* тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Наименование предприятия	-	Д	
2	Наименование источника	-	Д	
3	Номер источника	-	Д	Задается пользователем цифрой, например 1, 2, 3 и т.д. по количеству котельных на предприятии. После выполнения расчетов присвоенный номер источника прописывается у всех объектов, которые запрашиваются от этой котельной
4	Геодезическая отметка	м	Д	
5	Расчетная температура в подающем трубопроводе	°С	Д	
6	Расчетная температура холодной воды	°С	Д	
7	Расчетная температура наружного воздуха	°С	Д	
8	Текущая температура воды в подающем трубопроводе	°С	Д	Задается текущая температура воды в подающем трубопроводе (на выходе из источника), например 70, 100, 120, 150 и т.д. °С. Данное значение должно обязательно задаваться при выполнении поверочного расчета системы централизованного теплоснабжения
9	Текущая температура наружного воздуха	°С	Д	Задается текущая температура наружного воздуха, например +8, -5, -10, -20 и т.д. °С. Данное значение должно обязательно задаваться при выполнении поверочного расчета системы централизованного теплоснабжения
10	Расчетный располагаемый напор на выходе из источника	м	Д	
11	Расчетный напор в обратном трубопроводе на источнике	м	Д	
12	Режим работы источника		Д	Задается пользователем режим работы источника: 0 - источник будет определяющим при работе на сеть. В этом случае данный источник будет характеризоваться расчетным располагаемым напором, расчетным напором в обратном трубопроводе и максимальной подпиткой сети, которую он может обеспечить. 1 – источник не имеет своей подпитки, располагаемый напор на этом источнике поддерживается постоянным, а напор в обратном трубопроводе зависит от режима работы сети и определяющего источника; 2 - источник не имеет своей подпитки, но поддерживает напор в обратном трубопроводе на заданном уровне, при этом располагаемый напор меняется в зависимости от режима работы сети и определяющего источника; 3 - источник, имеющий подпитку с заданным расчетным располагаемым напором и расчетным напором в обратном трубопроводе.

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
				4 -источник, имеющий фиксированную подпитку с заданным расчетным располагаемым напором. Напор в обратном трубопроводе на источнике будет зависеть от величины этой подпитки, режима работы системы и соседних источников включенных в сеть
13	Максимальный расход на подпитку	т/ч	Д	
14	Текущий располагаемый напор на выходе из источника	м	Р	Определяется в результате расчета. В зависимости от режима работы источника может быть определено новое значение данной величины
15	Напор в подающем трубопроводе, м	м	Р	Определяется в результате расчета. В зависимости от режима работы источника может быть определено новое значение данной величины
16	Давление в подающем трубопроводе, м	м	Р	Определяется в результате расчета. В зависимости от режима работы источника может быть определено новое значение данной величины
17	Текущий напор в обратном трубопроводе на источнике	м	Р	Определяется в результате расчета. В зависимости от режима работы источника может быть определено новое значение данной величины
18	Давление в обратном трубопроводе, м	м	Р	Определяется в результате расчета. В зависимости от режима работы источника может быть определено новое значение данной величины
19	Продолжительность работы системы теплоснабжения (1-2)	ч	Д	Задается пользователем число часов работы системы теплоснабжения в год: 1 - менее 5000 часов; 2 - более 5000 часов
20	Среднегодовая температура воды в подающем трубопроводе	°С	Д	
21	Среднегодовая температура воды в обратном трубопроводе	°С	Д	
22	Среднегодовая температура грунта	°С	Д	
23	Среднегодовая температура наружного воздуха	°С	Д	
24	Среднегодовая температура воздуха в подвалах	°С	Д	
25	Текущая температура грунта	°С	Д	
26	Текущая температура воздуха в подвалах	°С	Д	
27	Расчетная нагрузка на отопление	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех расчетных нагрузок на отопление подключенных к данному источнику
28	Расчетная нагрузка на вентиляцию	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех расчетных нагрузок на вентиляцию подключенных к данному источнику
29	Расчетная нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех расчетных нагрузок на горячее водоснабжение подключенных к данному источнику
30	Текущая нагрузка на отопление	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех текущих нагрузок на отопление подключенных к данному источнику

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
31	Текущая нагрузка на вентиляцию	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех текущих нагрузок на вентиляцию подключенных к данному источнику
32	Текущая нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета, как сумма всех текущих нагрузок на горячее водоснабжение подключенных к данному источнику
33	Суммарная тепловая нагрузка	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
34	Текущая температура воды в обратном трубопроводе	°С	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
35	Расход сетевой воды на СО	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
36	Расход сетевой воды на СВ	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
37	Расход сетевой воды на ГВС	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
38	Суммарный расход сетевой воды в подающем трубопроводе	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
39	Расход воды на утечку из системы теплоснабжения	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
40	Расход воды на подпитку	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
41	Расход сетевой воды на утечку из под.тр.	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
42	Расход сетевой воды на утечку из обр.тр.	т/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
43	Тепловые потери в тепловых сетях	Гкал/ч	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
44	Давление вскипания	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
45	Статический напор	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
46	Установленная тепловая мощность	ГКал	Д	Для поверочного расчета задается, если необходимо, значение тепловой нагрузки, больше которой выработать не может. При достижении предельного значения подключенной нагрузки в процессе расчета, будет соответственно снижена текущая температура на выходе из источника

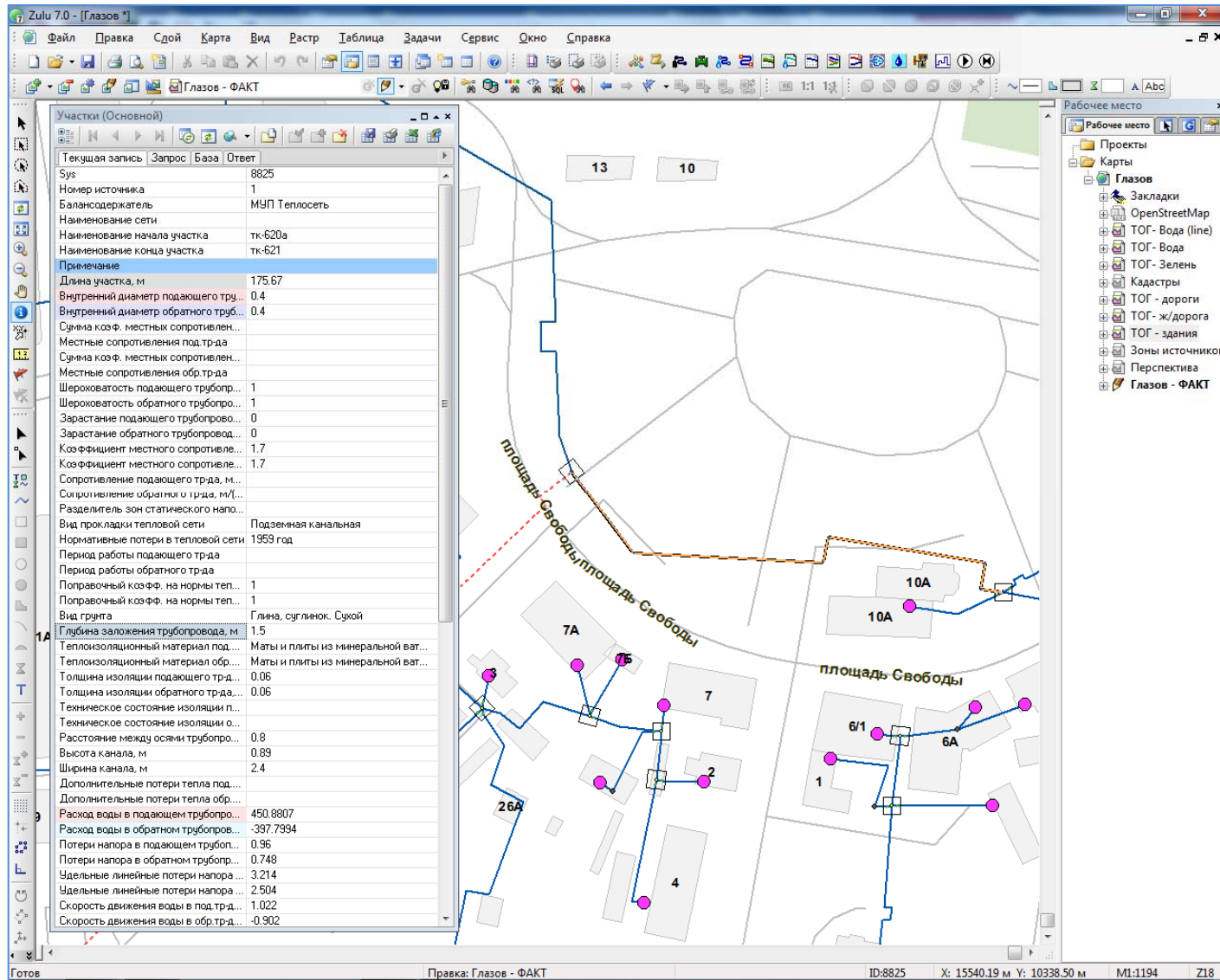


Рисунок 31 – Представление базы данных по объекту паспортизации Участки тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

Таблица 3 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации Участки тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Номер источника	-	Д	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру источника от которого запрашивается данный участок тепловой сети
2	Наименование начала участка	-	Д	Записывается наименование начала участка (наименование узла, тепловой камеры, с которой данный участок начинается), например ТК-15. После заполнения наименований всех узлов возможно автоматическое заполнение названия начала и конца участка
3	Наименование конца участка	-	Д	Записывается наименование конца участка (наименование узла, тепловой камеры, в которой данный участок заканчивается), например ТК-16. После заполнения наименований всех узлов возможно автоматическое заполнение названия начала и конца участка
4	Длина участка	м	Д	Задается длина участка в плане с учетом длины П-образных компенсаторов, например 100, 150 м. Данное поле можно заполнить автоматически, сняв длину участка с карты в масштабе
5	Внутренний диаметр подающего трубопровода	м	Д	
6	Внутренний диаметр обратного трубопровода	м	Д	
7	Сумма коэффициент местных сопротивлений подающего трубопровода	-	Д	
8	Местные сопротивления подающего трубопровода	-	Д	
9	Сумма коэффициент местных сопротивлений обратного трубопровода	-	Д	
10	Местные сопротивления обратного трубопровода	-	Д	
11	Шероховатость подающего трубопровода	мм	Д	
12	Шероховатость обратного трубопровода	мм	Д	
13	Заращение подающего трубопровода	мм	Д	
14	Заращение обратного трубопровода	мм	Д	
15	Коэффициент местного сопротивления подающего трубопровода	-	Д	Задается пользователем коэффициент местного сопротивления для подающего трубопровода, например, 1.1, 1.2. В этом случае действительная длина участка трубопровода будет увеличена на 10 или 20%.
16	Коэффициент местного сопротивления обратного трубопровода	-	Д	Задается пользователем коэффициент местного сопротивления для обратного трубопровода, например, 1.1, 1.2. В этом случае действительная длина участка трубопровода будет увеличена на 10 или 20%.

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
17	Сопротивление подающего трубопровода	м/(т/ч) * 2	Д	Задается пользователем величина сопротивления подающего трубопровода. Данная величина задается для уточнения математической модели в случае, если были проведены замеры расхода теплоносителя и давления в начале и конце участка сети.
18	Сопротивление обратного трубопровода	м/(т/ч) * 2	Д	Задается пользователем величина сопротивления обратного трубопровода. Данная величина задается для уточнения математической модели в случае, если были проведены замеры расхода теплоносителя и давления в начале и конце участка сети.
19	Вид прокладки тепловой сети	-	Д	Вид прокладки задается цифрой от 1 до 4. 0 - прокладываемый трубопровод не имеет тепловой изоляции; 1 - надземная; 2 - канальная; 3 - бесканальная; 4 - подвальная
20	Нормативные потери в тепловой сети (1-3)	-	Д	Задается пользователем. Нормируемые потери определяются по нормам: 1 - 1959 г.; 2 - 1988 г.; 3 - 1997 г.; 4 - 2003 г.
21	Поправочный коэффициент на нормы тепловых потерь для подающего трубопровода	-	Д	
22	Поправочный коэффициент на нормы тепловых потерь для обратного трубопровода	-	Д	
23	Вид грунта	-	Д	
24	Глубина заложения трубопровода	м	Д	
25	Теплоизоляционный материал подающего трубопровода (1-39)	-	Д	
26	Теплоизоляционный материал обратного трубопровода (1-39)	-	Д	
27	Толщина изоляции подающего трубопровода	м	Д	
28	Толщина изоляции обратного трубопровода	м	Д	
29	Техническое состояние изоляции подающего трубопровода (1-8)	-	Д	
30	Техническое состояние изоляции обратного трубопровода (1-8)	-	Д	
31	Расстояние между осями трубопроводов	м	Д	
32	Высота канала	м	Д	
33	Ширина канала	м	Д	
34	Дополнительные потери тепла подающего трубопровода	ккал	Д	Наряду с тепловыми потерями через изоляцию, имеется возможность задавать дополнительные фиксированные тепловые потери. Эту возможность можно использовать, например, для моделирования отбора тепла в случае трубопроводов-спутников
35	Дополнительные потери тепла обратного трубопровода	ккал	Д	Наряду с тепловыми потерями через изоляцию, имеется возможность зада-

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
	бопровода			вать дополнительные фиксированные тепловые потери. Эту возможность можно использовать, например, для моделирования отбора тепла в случае трубопроводов-спутников
36	Расход воды в подающем трубопроводе	т/ч	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
37	Расход воды в обратном трубопроводе	т/ч	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
38	Потери напора в подающем трубопроводе	м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
39	Потери напора в обратном трубопроводе	м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
40	Удельные линейные потери напора в подающем трубопроводе	мм/м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
41	Удельные линейные потери напора в обратном трубопроводе	мм/м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
42	Скорость движения воды в подающем трубопроводе	м/с	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
43	Скорость движения воды в обратном трубопроводе	м/с	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
44	Величина утечки из подающего трубопровода	т/ч	P	Значение данной величины определяется в результате расчета. Процент утечки из тепловой сети задается перед выполнением расчетов в пункте меню "Настройка", по умолчанию процент утечки 0.25
45	Величина утечки из обратного трубопровода	т/ч	P	Значение данной величины определяется в результате расчета. Процент утечки из тепловой сети задается перед выполнением расчетов в пункте меню "Настройка", по умолчанию процент утечки 0.25
46	Тепловые потери в подающем трубопроводе	ккал/ч	P	Значение фактических тепловых потерь в подающем трубопроводе определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
47	Тепловые потери в обратном трубопроводе	ккал/ч	P	Значение фактических тепловых потерь в обратном трубопроводе определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
48	Среднегодовые удельные тепловые потери подающего трубопровода	ккал/ч * м	P	Значение среднегодовых удельных потерь тепла подающего трубопровода, (ккал/час) /м определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
49	Среднегодовые удельные тепловые потери обратного трубопровода	ккал/ч * м	P	Значение среднегодовых удельных потерь тепла обратного трубопровода, (ккал/час) /м определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
50	Нормативные эксплуатационные тепловые потери подающего трубопровода	ккал/ч*м ² *С	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
51	Нормативные эксплуатационные тепловые потери обратного трубопровода	ккал/ч*м ² *С	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
52	Температура в начале участка подающего трубопровода	°С	P	Значение данной величины определяется в результате расчета

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
53	Температура в конце участка подающего трубопровода	°С	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
54	Температура в начале участка обратного трубопровода	°С	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
55	Температура в конце участка обратного трубопровода	°С	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
56	Диаметр подающего трубопровода (конструкторский)	м	Р	Значение данной величины определяется в результате Конструкторского расчета
57	Диаметр обратного трубопровода (конструкторский)	м	Р	Значение данной величины определяется в результате Конструкторского расчета
58	Шероховатость подающего трубопровода (конструкторский)	мм	Д	
59	Шероховатость обратного трубопровода (конструкторский)	мм	Д	
60	Оптимальная скорость в подающем трубопроводе (конструкторский)	м/с	Д	
61	Оптимальная скорость в обратном трубопроводе (конструкторский)	м/с	Д	
62	Разделитель зон статического напора		Д	Задается признак разделения данным участком сети на зоны с разным статическим напором: 0 (или пусто) - разделение на зоны отсутствует; 1 - от начала участка начинается новая зона,

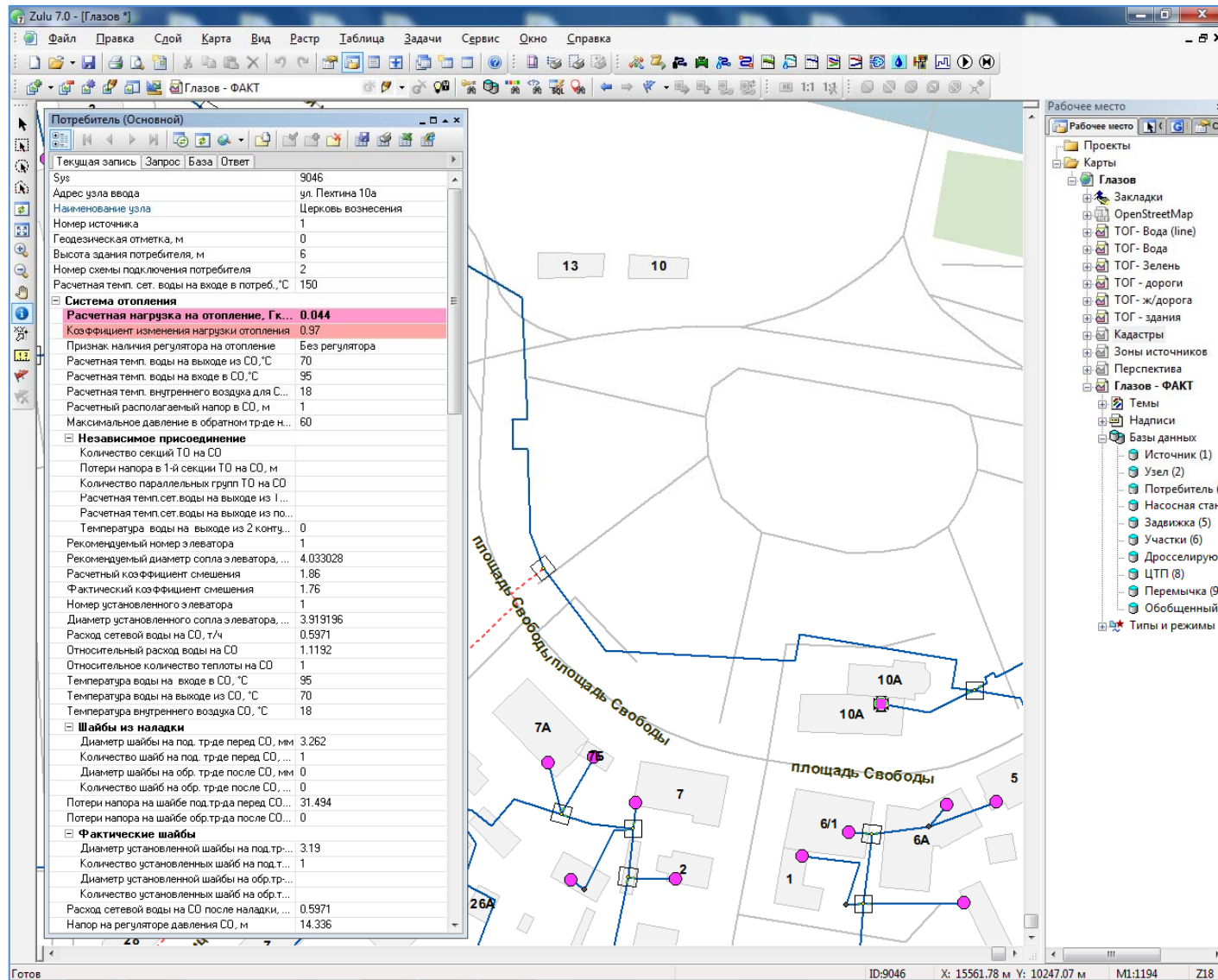


Рисунок 32 – Представление базы данных по объекту паспортизации Потребитель тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

Таблица 4 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации *Потребитель* тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Адрес узла ввода	-	Д	
2	Наименование узла	-	Д	
3	Номер источника	-	Р	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру источника от которого запрашивается данный потребитель
4	Геодезическая отметка	м	Д	
5	Высота здания потребителя	м	Д	
6	Номер схемы подключения потребителя	-	Д	Задается схема присоединения узла ввода.
7	Расчетная температуры сетевой воды на входе потребителя	°С	Д	
8	Расчетная нагрузка на отопление	Гкал/ч	Д	
9	Расчетная нагрузка на вентиляцию	Гкал/ч	Д	
10	Расчетная средняя нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Д	
11	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Д	
12	Число жителей	-	Д	
13	Коэффициент изменения нагрузки отопления	-	Д	
14	Коэффициент изменения нагрузки вентиляции	-	Д	
15	Коэффициент изменения нагрузки ГВС	-	Д	
16	Балансовый коэффициент закрытой ГВС	-	Д	
17	Признак наличия регулятора на отопление	-	Д	Задается цифрой от 0 до 3. 0 - регулятора на систему отопления нет; 1 - установлен регулятор расхода; 2 - установлен регулятор отопления; 3 - установлен регулятор располагаемого напора на подающем трубопроводе
18	Признак наличия регулирующего клапана на СВ	-	Д	Задается цифрой от 0 до 1. 0 -нет регулирующего клапана на систему вентиляции; 1 - есть регулирующийся клапан на систему вентиляции
19	Признак наличия регулятора температуры	-	Д	Задается цифрой от 1 до 5, где: 1 - регулятор температуры на систему горячего водоснабжения есть; 2 - весь водоразбор на ГВС осуществляется из подающего трубопровода; 3 - весь водоразбор на ГВС осуществляется из обратного трубопровода; 4 - весь водоразбор на горячее водоснабжение осуществляется из подающего трубопровода, расход воды на ГВС определяется на точку излома температурного графика по средней нагрузке Q_{gv_sred} ; 5 -весь водоразбор на горячее водоснабжение осуществляется из подающе-

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
				го трубопровода, расход воды на ГВС определяется на точку излома температурного графика по максимальной нагрузке Q_{gv_max} .
20	Расчетная температура воды на выходе из СО	°С	Д	
21	Расчетная температура воды на входе в СО	°С	Д	
22	Расчетная температура внутреннего воздуха для СО	°С	Д	
23	Расчетный располагаемый напор в СО	м	Д	
24	Расчетная температура внутреннего воздуха для СВ	°С	Д	
25	Расчетная температура наружного воздуха для СВ	°С	Д	
26	Расчетный располагаемый напор в СВ	м	Д	
27	Доля циркуляции от расхода на ГВС	%	Д	
28	Потери напора в системе ГВС	м	Д	
29	Температура воды в циркуляционном контуре	°С	Д	
30	Температура холодной воды для закрытой ГВС	°С	Д	
31	Температура горячей воды для закрытой ГВС	°С	Д	
32	Количество секций ТО на СО	шт.	Д	
33	Потери напора в одной секции ТО на СО	м	Д	
34	Количество параллельных групп ТО на СО	шт.	Д	
35	Расчетная температура сетевой воды на выходе из ТО	°С	Д	
36	Расчетная температура сетевой воды на выходе из потребителя	°С	Д	
37	Температура воды на выходе из 2 контура ТО	°С	Д	
38	Рекомендуемый номер элеватора	-	Р	Рекомендуемый номер элеватора определяется в результате наладочного расчета
39	Рекомендуемый диаметр сопла элеватора	мм	Р	Рекомендуемый диаметр сопла элеватора определяется в результате наладочного расчета
40	Расчетный коэффициент смешения	-	Р	Значение расчетного коэффициента смешения определяется в результате наладочного расчета
41	Фактический коэффициент смешения	-	Р	Значение фактического коэффициента смешения определяется в результате расчета

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
42	Номер установленного элеватора	-	P	Задается номер фактически установленного элеватора
43	Диаметр установленного сопла элеватора	мм	D	
44	Температура сетевой воды в подающем трубопроводе	°C	P	Значение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе определяется в результате расчета
45	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе	°C	P	Значение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе определяется в результате расчета
46	Расход сетевой воды на СО	т/ч	P	Расход сетевой воды на систему отопления определяется в результате расчета
47	Относительный расход воды на СО	-	P	Относительный расход воды на систему отопления определяется в результате расчета
48	Относительное количество теплоты на СО	-	P	В результате расчета определяется относительная нагрузка на систему отопления (отношение текущей нагрузки к расчетной)
49	Температура воды на входе в СО	°C	P	Температура воды на входе в систему отопления определяется в результате расчета
50	Температура воды на выходе из СО	°C	P	Температура воды на выходе из системы отопления определяется в результате расчета
51	Температура внутреннего воздуха СО	°C	P	Значение температуры внутреннего воздуха определяется в результате расчета
52	Диаметр шайбы на подающем трубопроводе перед СО	мм	P	Значение диаметра шайбы на подающем трубопроводе перед системой отопления определяется в результате наладочного расчета
53	Количество шайб на подающем трубопроводе перед СО	шт.	P	Количество шайб на подающем трубопроводе перед системой отопления определяется в результате наладочного расчета
54	Диаметр шайбы на обратном трубопроводе после СО	мм	P	Значение диаметра шайбы на обратном трубопроводе после системой отопления определяется в результате наладочного расчета
55	Количество шайб на обратном трубопроводе после СО	шт.	P	Количество шайб на обратном трубопроводе после системой отопления определяется в результате наладочного расчета
56	Потери напора на шайбе подающего трубопровода перед СО	м	P	Значение потерь напора на шайбе, установленной перед СО (подающий трубопровод) определяется в результате наладочного и поверочного расчетов
57	Потери напора на шайбе обратного трубопровода после СО	м	P	Значение потерь напора на шайбе, установленной после СО (обратный трубопровод) определяется в результате наладочного и поверочного расчетов
58	Потери напора на сопле	м	P	Значение потерь напора на сопле элеватора определяется в результате наладочного и поверочного расчетов
59	Диаметр шайбы на вводе на подающем трубопроводе	мм	P	Значение диаметра шайбы на вводе на подающем трубопроводе определяется в результате наладочного расчета
60	Количество шайб на вводе на подающем трубопроводе	шт	P	Количество шайб на вводе на подающем трубопроводе определяется в результате наладочного расчета

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
61	Диаметр шайбы на вводе на обратном трубопроводе	мм	Р	Значение диаметра шайбы на вводе на обратном трубопроводе определяется в результате наладочного расчета
62	Количество шайб на вводе на обратном трубопроводе	шт	Р	Количество шайб на вводе на обратном трубопроводе определяется в результате наладочного расчета
63	Расход сетевой воды на СВ	т/ч	Р	Расход сетевой воды на систему вентиляции определяется в результате расчета
64	Относительный расход воды на СВ	т/ч	Р	Относительный расход воды на систему вентиляции определяется в результате расчета
65	Темп. воды после системы вентиляции	°С	Р	Температура воды после системы вентиляции определяется в результате расчета
66	Температура внутреннего воздуха СВ	°С	Р	Температура внутреннего воздуха в системе вентиляции определяется в результате расчета
67	Диаметр шайбы на систему вентиляции	мм	Р	Значение диаметра шайбы на систему вентиляции определяется в результате наладочного расчета
68	Количество шайб на систему вентиляции	шт	Р	Количество шайб на систему вентиляции определяется в результате наладочного расчета
69	Расход сетевой воды на ГВС	т/ч	Р	Расход сетевой воды на ГВС определяется в результате расчета
70	Расход сетевой воды в циркуляционном трубопроводе	т/ч	Р	Расход сетевой воды в циркуляционном трубопроводе определяется в результате расчета
71	Диаметр шайбы в циркуляционной линии ГВС	мм	Р	Диаметр шайбы на вводе ГВС определяется в результате наладочного расчета
72	Количество шайб в циркуляционной линии ГВС	шт	Р	Количество шайб на вводе ГВС определяется в результате наладочного расчета
73	Диаметр циркуляционной шайбы на ГВС	мм	Р	Диаметр циркуляционной шайбы на ГВС определяется в результате наладочного расчета
74	Количество циркуляционных шайб на ГВС	шт	Р	Количество циркуляционных шайб на ГВС определяется в результате наладочного расчета
75	Диаметр установленной шайбы на подающем трубопроводе перед СО	мм	Д	
76	Количество установленных шайб на подающем трубопроводе перед СО	шт	Д	
77	Диаметр установленной шайбы на обратном трубопроводе после СО	мм	Д	
78	Количество установленных шайб на обратном трубопроводе после СО	шт	Д	
79	Диаметр установленной шайбы на систему вентиляции	мм	Д	

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
80	Количество установленных шайб на систему вентиляции	шт	Д	
81	Диаметр установленной циркуляционной шайбы на ГВС	мм	Д	
82	Количество установленных циркуляционных шайб на ГВС	шт	Д	
83	Диаметр установленной шайбы в циркуляционной линии ГВС	мм	Д	
84	Количество установленных шайб в циркуляционной линии ГВС	шт	Д	
85	Количество секций ТО на ГВС I ступень	шт	Д	
86	Количество параллельных групп ТО на ГВС I ступени	шт	Д	
87	Потери напора в одной секции I ступени	м	Д	
88	Испытательная температура на входе 1 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на входе первого контура.
89	Испытательная температура на выходе 1 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на выходе первого контура.
90	Испытательная температура на входе 2 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на входе второго контура.
91	Испытательная температура на выходе 2 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на выходе второго контура.
92	Испытательная тепловая нагрузка I ступени	Гкал/ч, МВт	Д	При наличии результатов замеров задается тепловая нагрузка первой степени теплообменного аппарата.
93	Расход 1 контура I ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход сетевой воды, затекающей в первую ступень ТО ГВС определяется в результате расчета
94	Расход 2 контура I ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход горячей воды во втором контуре, определяется в результате расчета
95	Тепловая нагрузка I ступени	Гкал/ч, МВт	Р	Тепловая нагрузка I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
96	Температура на входе 1 контура I ступени	°С	Р	Температура на входе 1 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
97	Температура на выходе 1 контура I ступени	°С	Р	Температура на выходе 1 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
98	Температура на входе 2 контура I ступени	°С	Р	Температура на входе 2 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
99	Температура на выходе 2 контура I ступени	°С	Р	Температура на выходе 2 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
100	Количество секций ТО на ГВС II ступень	шт	Д	

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
101	Количество параллельных групп ТО на ГВС II ступ.	шт	Д	
102	Потери напора в одной секции II ступени	м	Д	
103	Испытательная температура на входе 1 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на входе первого контура II ступени
104	Испытательная температура на выходе 1 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на выходе первого контура II ступени
105	Испытательная температура на входе 2 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на входе второго контура II ступени
106	Испытательная температура на выходе 2 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на выходе второго контура II ступени
107	Испытательная тепловая нагрузка II ступени	Гкал/ч, МВт	Д	При наличии результатов замеров задается тепловая нагрузка первой ступени теплообменного аппарата.
108	Температура на входе 1 контура II ступени	°С	Р	Температура на входе 1 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
109	Температура на выходе 1 контура II ступени	°С	Р	Температура на выходе 1 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
110	Температура на входе 2 контура II ступени	°С	Р	Температура на входе 2 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
111	Температура на выходе 2 контура II ступени	°С	Р	Температура на выходе 2 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
112	Расход 1 контура II ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход сетевой воды, затек. во вторую ступень ТО ГВС определяется в результате расчета
113	Расход 2 контура II ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход горячей воды во втором контуре II ступени, определяется в результате расчета
114	Тепловая нагрузка II ступени	Гкал/ч, МВт	Р	Тепловая нагрузка II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
115	Расход сетевой воды на СО после наладки	т/ч	Р	В результате расчета определяется расход сетевой воды на систему отопления после наладки
116	Напор на регуляторе давления СО	м	Р	В результате расчета определяется необходимый располагаемый напор для системы отопления
117	Коэффициент пропускной способности РД СО	-	Д	
118	Суммарный расход сетевой воды	т/ч	Р	В результате расчетов определяется суммарный расход сетевой воды
119	Располагаемый напор на вводе потребителя	м	Р	Значение располагаемого напора на вводе потребителя определяется в результате наладочного и поверочного расчетов
120	Напор в подающем трубопроводе	м	Р	Значение напора в подающем трубопроводе на вводе потребителя определяется в результате наладочного и поверочного расчетов
121	Напор в обратном трубопроводе	м	Р	Значение напора в обратном трубопроводе на вводе потребителя определя-

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
				ется в результате наладочного и поверочного расчетов
122	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Давление в подающем трубопроводе определяется в результате расчета
123	Давление в обратном трубопроводе	м	Р	Давление в обратном трубопроводе определяется в результате расчета
124	Утечка из системы теплоснабжения	т/ч	Р	Утечка из системы теплоснабжения определяется в результате расчета
125	Потери тепла от утечки	Ккал	Р	Потери тепла от утечки определяется в результате расчета
126	Время прохождения воды от источника	мин	Р	В результате расчетов определяется время прохождения воды от источника до потребителя
127	Путь, пройденный от источника	м	Р	В результате расчетов определяется путь, пройденный от источника до потребителя
128	Давление вскипания	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
129	Статический напор	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
130	Расчетный расход на СО (конструкторский)	т/ч	Д	Задается расчетный расход воды на систему отопления для выполнения конструкторского расчета
131	Расчетный расход на СВ (конструкторский)	т/ч	Д	Задается расчетный расход воды на систему вентиляции для выполнения конструкторского расчета
132	Расчетный расход на ГВС (конструкторский)	т/ч	Д	Задается расчетный расход воды на систему ГВС для выполнения конструкторского расчета
133	Располагаемый напор на вводе (конструкторский)	м	Д	Задается располагаемый напор для выполнения конструкторского расчета

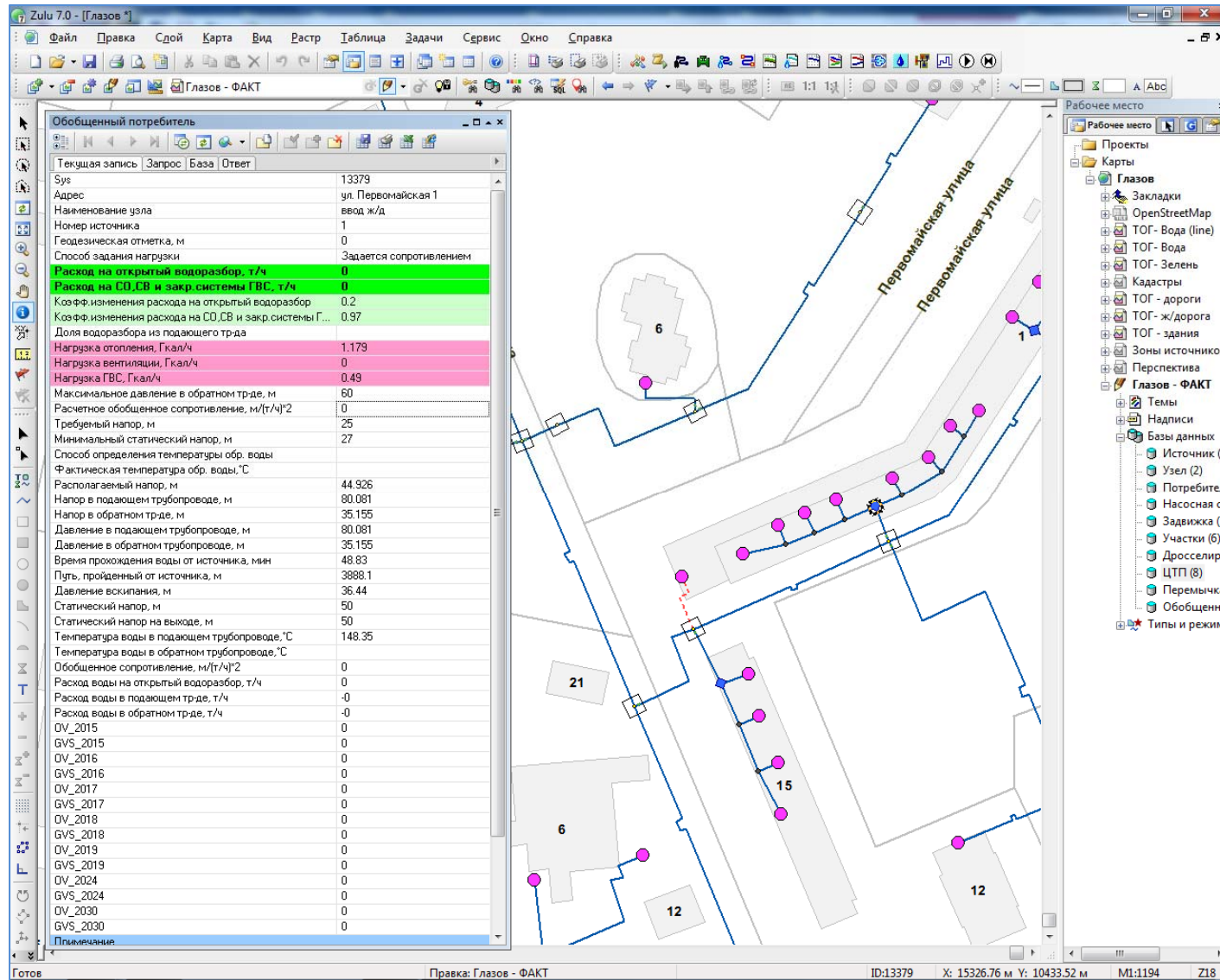


Рисунок 33 – Представление базы данных по объекту паспортизации *Обобщенный потребитель* тепловой сети

в ПК «ZuluТермо»

Таблица 5 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации Обобщенный потребитель тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Наименование узла	-	Д	Задается пользователем, например ул. Федосеенко д. 14
2	Номер источника	-	Р	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру источника от которого запрашивается данный потребитель
3	Геодезическая отметка	м	Д	Задается геодезическая отметка поверхности земли, на которой находится данный узел ввода
4	Способ задания нагрузки	-	Д	Указывается способ задания нагрузки: 0 - задается расходом; 1 - задается сопротивлением
5	Циркулирующий расход	т/ч	Д	Задается величина циркулирующего расхода необходимого для данного потребителя. Данное значение необходимо указывать только в том случае, если Способ задания нагрузки установлен Задается расходом
6	Коэффициент изменения циркулирующего расхода		Д	Задается пользователем в случае необходимости увеличения циркуляционного расхода по сравнению с расчетным значением, например, 1.1, 1.2 и т.д. В этом случае расчетное значение будет увеличено соответственно на 10 или 20%
7	Расход на открытый водоразбор	т/ч	Д	Задается величина расхода на открытый водоразбор
8	Коэффициент изменения расхода на водоразбор		Д	Задается пользователем в случае необходимости увеличения расхода на открытый водоразбор по сравнению с расчетным значением, например, 1.1, 1.2 и т.д. В этом случае расчетное значение будет увеличено соответственно на 10 или 20%
9	Доля водоразбора из подающего трубопровода		Д	Указывается доля открытого водоразбора из подающего трубопровода, например 0,4 - 40% водоразбора из подающего трубопровода
10	Расчетное обобщенное сопротивление	м/(т/ч)*2	Д	Указывается величина предварительно рассчитанного обобщенного сопротивления. Данное значение необходимо указывать только в том случае, если способ задания нагрузки задается сопротивлением
11	Требуемый напор	м	Д	Задается требуемый располагаемый напор на обобщенном потребителе, например 10, 15, 20 и т.д. метров
12	Минимальный статический напор	м	Д	Задается минимальный статический напор на обобщенном потребителе, например 10, 15, 20 и т.д. метров
13	Располагаемый напор	м	Р	Значение располагаемого напора определяется в результате расчета
14	Напор в подающем трубопроводе	м	Р	Значение напора в подающем трубопроводе определяется в результате расчета
15	Напор в обратном трубопроводе	м	Р	Значение напора в обратном трубопроводе определяется в результате расчета
16	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Значение давления в подающем трубопроводе определяется в результате

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
				расчета
17	Давление в обратном трубопроводе	м	P	Значение давления в обратном трубопроводе определяется в результате расчета
18	Время прохождения воды от источника	мин	P	Значение определяется в результате расчета
19	Путь, пройденный от источника	м	P	Значение определяется в результате расчета
20	Давление вскипания	м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
21	Статический напор	м	P	Значение данной величины определяется в результате расчета
22	Температура воды в подающем трубопроводе	°C	P	Значение температуры воды в подающем трубопроводе определяется в результате расчета
23	Температура воды в обратном трубопроводе	°C	P	Значение температуры воды в обратном трубопроводе определяется в результате расчета
24	Обобщенное сопротивление	м/(т/ч)*2	P	Значение определяется в результате расчета
25	Расход воды на открытый водоразбор	т/ч	P	Значение определяется в результате расчета
26	Расход воды в подающем трубопроводе	т/ч	P	Значение определяется в результате расчета
27	Расход воды в обратном трубопроводе	т/ч	P	Значение определяется в результате расчета
28	Статический напор на выходе	м	P	Определяется в результате расчета

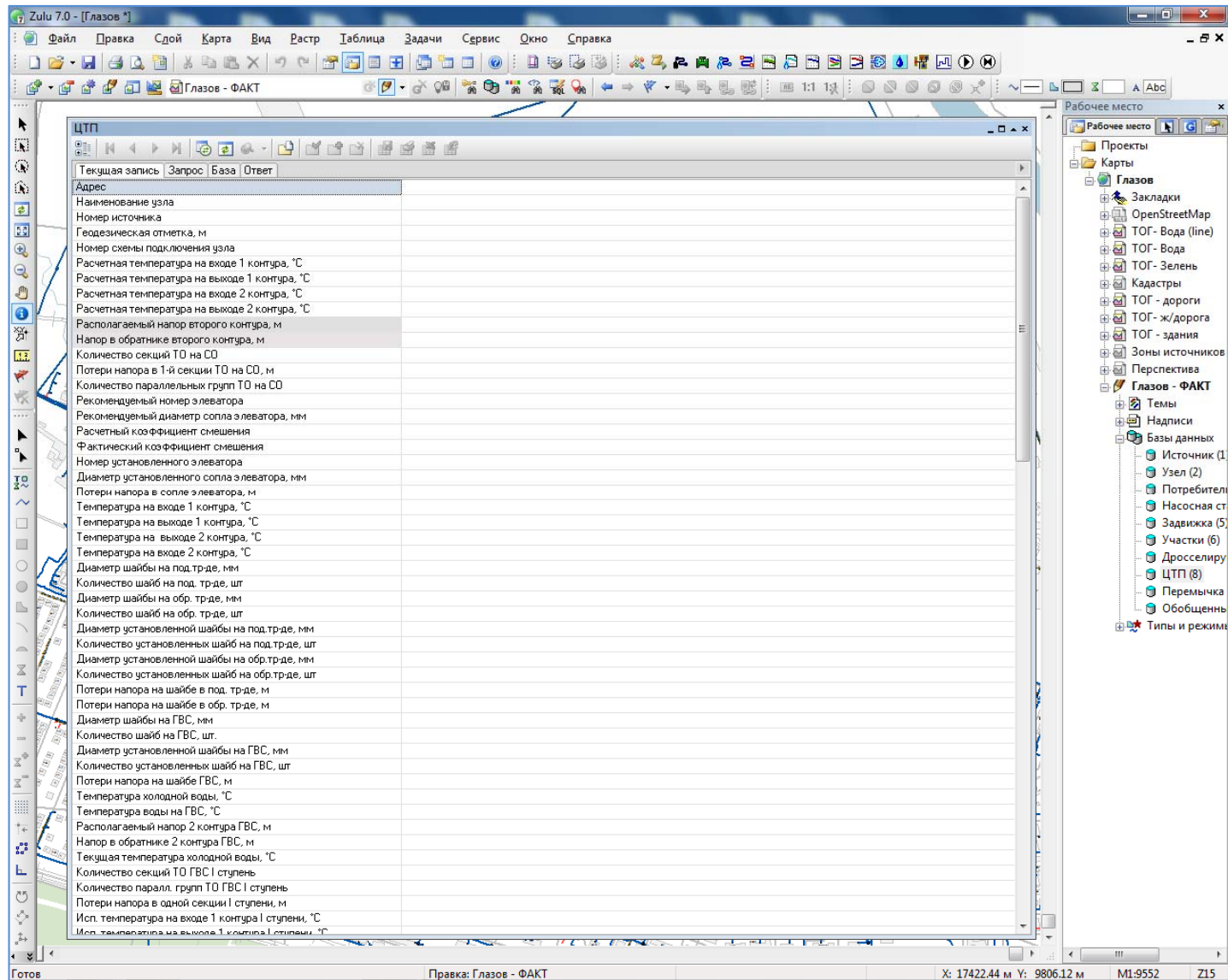


Рисунок 34 – Представление базы данных по объекту паспортизации ЦТП тепловой сети в ПК «ZuluТермо»

Таблица 6 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации **ЦТП** тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Адрес	-	Д	
2	Наименование узла	-	Д	
3	Номер источника	-	Р	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру источника от которого запрашивается данный объект
4	Геодезическая отметка	м	Д	
5	Номер схемы подключения узла	-	Д	Задается схема присоединения ЦТП
6	Расчетная температура на входе 1 контура	°С	Д	
7	Расчетная температура на выходе 1 контура	°С	Д	
8	Расчетная температура на входе 2 контура	°С	Д	
9	Расчетная температура на выходе 2 контура	°С	Д	
10	Располагаемый напор второго контура	м	Д	
11	Напор в обратнике второго контура	м	Д	
12	Количество секций ТО на СО	шт.	Д	
13	Потери напора в одной секции ТО на СО	м	Д	
14	Количество параллельных групп ТО на СО	шт.	Д	
15	Рекомендуемый номер элеватора	-	Р	Определяется в результате расчета
16	Рекомендуемый диаметр сопла элеватора	мм	Р	Определяется в результате расчета
17	Расчетный коэффициент смешения	-	Р	Определяется в результате расчета
18	Фактический коэффициент смешения	-	Р	Определяется в результате расчета
19	Номер установленного элеватора	-	Д	
20	Диаметр установленного сопла элеватора	мм	Д	
21	Потери напора в сопле элеватора	м	Р	Определяется в результате расчета
22	Температура на входе 1 контура	°С	Р	Определяется в результате расчета
23	Температура на выходе 1 контура	°С	Р	Определяется в результате расчета
24	Температура на выходе 2 контура	°С	Р	Определяется в результате расчета
25	Температура на входе 2 контура	°С	Р	Определяется в результате расчета
26	Диаметр шайбы на подающем трубопроводе	мм	Р	Определяется в результате расчета
27	Количество шайб на подающем трубопроводе	шт.	Р	Определяется в результате расчета
28	Диаметр шайбы на обратном трубопроводе	мм	Р	Определяется в результате расчета
29	Количество шайб на обратном трубопроводе	шт.	Р	Определяется в результате расчета
30	Диаметр установленной шайбы на подающем трубопроводе	мм	Д	
31	Количество установленных шайб на подаю-	шт.	Д	

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
	щем трубопроводе			
32	Диаметр установленной шайбы на обратном трубопроводе	мм	Д	
33	Количество установленных шайб на обратном трубопроводе	шт.	Д	
34	Потери напора на шайбе в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
35	Потери напора на шайбе в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
36	Диаметр шайбы на ГВС	мм	Р	Определяется расчета в результате
37	Количество шайб на ГВС	шт.	Р	Определяется расчета в результате
38	Диаметр установленной шайбы на ГВС	мм	Д	
39	Количество установленных шайб на ГВС	шт.	Д	
40	Потери напора на шайбе ГВС	м	Р	Определяется расчета в результате
41	Температура холодной воды	°С	Д	
42	Температура воды на ГВС	°С	Д	
43	Располагаемый напор 2 контура ГВС	м	Д	
44	Напор в обратнике 2 контура ГВС	м	Д	
45	Количество секций ТО на ГВС I ступень	шт	Д	
46	Количество параллельных групп ТО на ГВС I ступени	шт	Д	
47	Потери напора в одной секции I ступени	м	Д	
48	Испытательная температура на входе 1 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на входе первого контура.
49	Испытательная температура на выходе 1 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на выходе первого контура.
50	Испытательная температура на входе 2 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на входе второго контура.
51	Испытательная температура на выходе 2 контура I ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на выходе второго контура.
52	Испытательная тепловая нагрузка I ступени	Гкал/ч, МВт	Д	При наличии результатов замеров задается тепловая нагрузка первой ступени теплообменного аппарата.
53	Расход сетевой воды I ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
54	Расход 2 контура I ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход горячей воды во втором контуре, определяется в результате расчета
55	Тепловая нагрузка I ступени	Гкал/ч, МВт	Р	Тепловая нагрузка I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
56	Температура на входе 1 контура I ступени	°С	Р	Температура на входе 1 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в ре-

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
				зультате расчета
57	Температура на выходе 1 контура I ступени	°С	Р	Температура на выходе 1 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
58	Температура на входе 2 контура I ступени	°С	Р	Температура на входе 2 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
59	Температура на выходе 2 контура I ступени	°С	Р	Температура на выходе 2 контура I ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
60	Количество секций ТО на ГВС II ступень	шт.	Д	
61	Количество параллельных групп ТО на ГВС II ступени	шт.	Д	
62	Потери напора в одной секции II ступени	м	Д	
63	Испытательная температура на входе 1 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на входе первого контура II ступени
64	Испытательная температура на выходе 1 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура теплоносителя на выходе первого контура II ступени
65	Испытательная температура на входе 2 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на входе второго контура II ступени
66	Испытательная температура на выходе 2 контура II ступени	°С	Д	При наличии результатов замеров, задается испытательная температура горячей воды на выходе второго контура II ступени
67	Испытательная тепловая нагрузка II ступени	Гкал/ч, МВт	Д	При наличии результатов замеров задается тепловая нагрузка первой ступени теплообменного аппарата.
68	Температура на входе 1 контура II ступени	°С	Р	Температура на входе 1 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
69	Температура на выходе 1 контура II ступени	°С	Р	Температура на выходе 1 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
70	Температура на входе 2 контура II ступени	°С	Р	Температура на входе 2 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
71	Температура на выходе 2 контура II ступени	°С	Р	Температура на выходе 2 контура II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
72	Расход сетевой воды II ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
73	Расход 2 контура II ступени ТО ГВС	т/ч	Р	Расход горячей воды во втором контуре II ступени, определяется в результате расчета
74	Тепловая нагрузка II ступени	Гкал/ч, МВт	Р	Тепловая нагрузка II ступени ТО на ГВС, определяется в результате расчета
75	Расход сетевой воды на квартал после наладки	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
76	Подключенная нагрузка на отопление	Гкал/ч	Р	Определяется автоматически по подключенной нагрузке квартала
77	Подключенная нагрузка на вентиляцию	Гкал/ч	Р	Определяется автоматически по подключенной нагрузке квартала

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
78	Подключенная нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Р	Определяется автоматически по подключенной нагрузке квартала
79	Суммарный расход сетевой воды	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
80	Располагаемый напор на вводе ЦТП	м	Р	Определяется в результате расчета
81	Напор в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
82	Напор в обратном трубопроводе на вводе ЦТП	м	Р	Определяется в результате расчета
83	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
84	Давление в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
85	Располагаемый напор 2 контура ЦТП	м	Р	Определяется в результате расчета
86	Напор в подающем трубопроводе ГВС	м	Р	Определяется в результате расчета
87	Напор в обратном трубопроводе ГВС	м	Р	Определяется в результате расчета
88	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
89	Давление в подающем трубопроводе ГВС	м	Р	Определяется в результате расчета
90	Давление в обратном трубопроводе ГВС	м	Р	Определяется в результате расчета
91	Давление в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
92	Напор в обратном трубопроводе 2 контура ЦТП	м	Р	Определяется в результате расчета
93	Расход воды по перемычке	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
94	Расчетная температура внутр. воздуха для СО	°С	Д	
95	Расчетная средняя нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Д	
96	Расчетная максимальная нагрузка на ГВС	Гкал/ч	Д	
97	Наличие регулятора на ГВС	-	Д	Указывается признак наличия регулятора температуры на систему горячего водоснабжения: 0 - отсутствует; 1 - установлен
98	Балансовый коэффициент закрытой ГВС	-	Д	
99	Способ дросселирования на ЦТП	-	Д	Указывается способ дросселирования на ЦТП цифрой от 0 до 6. 0 - дросселирование на ЦТП не производится, если это не является обязательным; 1 - дросселируется выход из ЦТП на отопление, шайба устанавливается всегда на подающем трубопроводе; 2 - дросселируется выход из ЦТП на отопление, шайба устанавливается всегда на обратном трубопроводе; 3 - дросселируется выход из ЦТП на отопление, места установки шайб определяются автоматически; 4 - устанавливаются шайбы на вводе в ЦТП (общие на отопление и ГВС), места установки шайб определяются автоматически; 5 - устанавливаются шайбы на вводе в ЦТП (общие на отопление и ГВС), шайба устанавливается всегда на подающем трубопроводе; 6 - устанавливаются шайбы на вводе в ЦТП (общие на отопление и ГВС), шайба устанавливается всегда на обратном трубопроводе

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
100	Запас напора при дросселировании	м	Д	
101	Расчетная температура наружного воздуха	°С	Д	
102	Текущая температура наружного воздуха	°С	Д	
103	Среднегодовая температура воды в подающем трубопроводе	°С	Д	
104	Среднегодовая температура воды в обратном трубопроводе	°С	Д	
105	Среднегодовая температура грунта	°С	Д	
106	Среднегодовая температура наружного воздуха	°С	Д	
107	Среднегодовая температура воздуха в подвалах	°С	Д	
108	Текущая температура грунта	°С	Д	
109	Текущая температура воздуха в подвалах	°С	Д	
110	Суммарный расход воды во 2 контуре ЦТП	т/ч	Р	Определяется в результате расчета
111	Тепловая нагрузка верхней ступени ТО ГВС	Гкал/ч	Р	Определяется в результате расчета
112	Тепловая нагрузка нижней ступени ТО ГВС	Гкал/ч	Р	Определяется в результате расчета
113	Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе	Ккал/ч	Р	Определяется в результате расчета
114	Потери тепла от утечек в обратном трубопроводе	Ккал/ч	Р	Определяется в результате расчета
115	Потери тепла от утечек в системе теплоснабжения	Ккал/ч	Р	Определяется в результате расчета
116	Испытательная температура воды на входе 1 контура	°С	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается расчетное значение.
117	Испытательная температура воды на выходе 1 контура	°С	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается расчетное значение.
118	Испытательная температура воды на входе 2 контура	°С	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается расчетное значение.
119	Испытательная температура воды на выходе 2 контура	°С	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается расчетное значение.
120	Испытательная расход 1 контура	т/ч	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается равным 0
121	Испытательная расход 2 контура	т/ч	Д	Задается пользователем по результатам испытаний, если испытания не проводились, задается равным 0
122	Суммарная тепловая нагрузка на ЦТП	Гкал/ч	Р	Определяется в результате расчета

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
123	Тепловые потери в подающем трубопроводе	Ккал/ч	P	Определяется в результате расчета
124	Тепловые потери в обратном трубопроводе	Ккал/ч	P	Определяется в результате расчета
125	Расход воды на утечки в подающем трубопроводе	т/ч	P	Определяется в результате расчета
126	Расход воды на утечки в обратном трубопроводе	т/ч	P	Определяется в результате расчета
127	Расход воды на утечки из систем теплоснабжения	т/ч	P	Определяется в результате расчета
128	Время прохождения воды от источника	мин	P	Определяется в результате расчета
129	Путь, пройденный от источника	м	P	Определяется в результате расчета
130	Давление вскипания	м	P	Определяется в результате расчета
131	Давление вскипания на выходе ЦТП	м	P	Определяется в результате расчета
132	Статический напор	м	P	Определяется в результате расчета
133	Статический напор на выходе ЦТП	м	P	Определяется в результате расчета источника, от которого запитывается данный узел тепловой сети

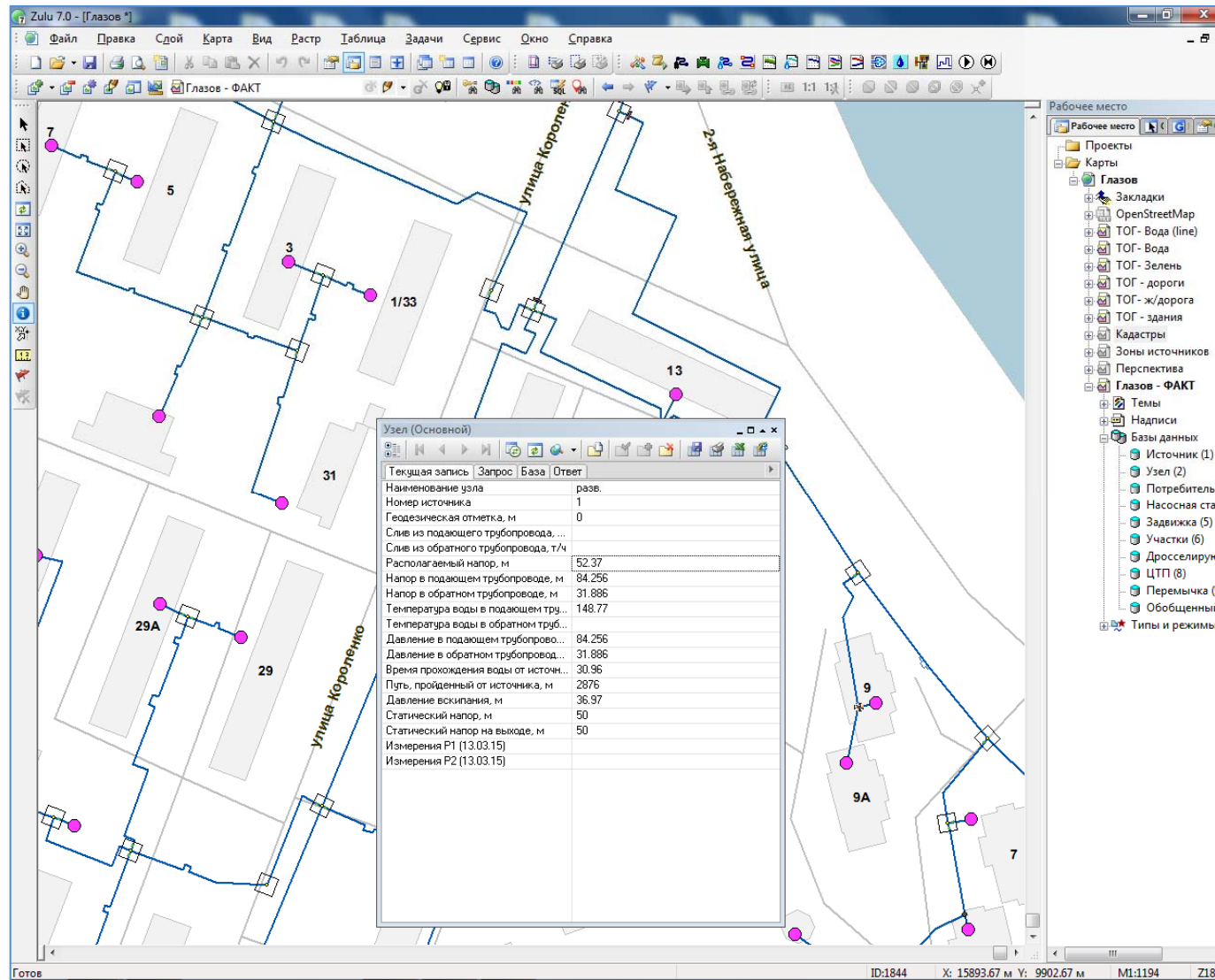


Рисунок 35 – Представление базы данных по объекту паспортизации Узел тепловой сети в ПК «ZuluТермо»

Таблица 7 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации Узел тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Наименование узла	-	Д	
2	Номер источника	-	Р	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру
3	Геодезическая отметка	м	Д	
4	Слив из подающего трубопровода	т/ч	Д	
5	Слив из обратного трубопровода	т/ч	Д	
6	Располагаемый напор	м	Р	Значение располагаемого напора в узле определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
7	Напор в подающем трубопроводе	м	Р	Значение напора в подающем трубопроводе определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
8	Напор в обратном трубопроводе	м	Р	Значение напора в обратном трубопроводе определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
9	Температура воды в подающем трубопроводе	°С	Р	Значение температуры в подающем трубопроводе тепловой сети определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
10	Температура воды в обратном трубопроводе	°С	Р	Значение температуры в обратном трубопроводе тепловой сети определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
11	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Значение давления в подающем трубопроводе тепловой сети определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
12	Давление в обратном трубопроводе	м	Р	Значение давления в обратном трубопроводе тепловой сети определяется в результате выполнения наладочного или поверочного расчета
13	Время прохождения воды от источника	мин	Р	В результате расчетов определяется время прохождения воды от источника до узла
14	Путь, пройденный от источника	м	Р	В результате расчетов определяется путь, пройденный от источника до узла
15	Давление вскипания	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
16	Статический напор	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
17	Статический напор на выходе	м	Р	Определяется в результате расчета

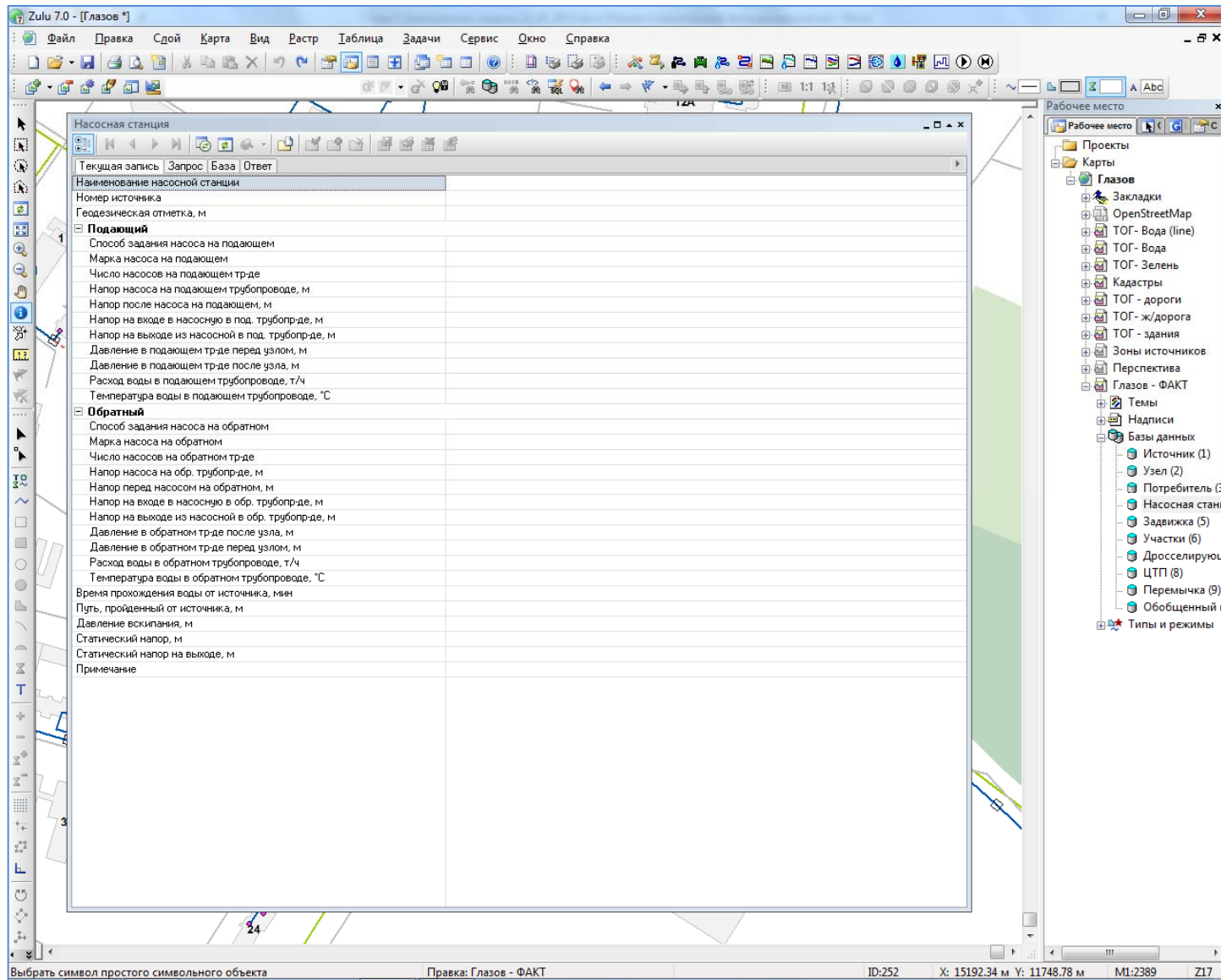


Рисунок 36 – Представление базы данных по объекту паспортизации *Насосная станция* тепловой сети в ПК «ZuluТермо»

Таблица 8 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации *Насосная станция* тепловой сети в ПК «ZuluТермо»

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Наименование насосной станции	-	Д	
2	Номер источника	-	Д	
3	Геодезическая отметка	м	Д	
4	Марка насоса на подающем трубопроводе	-	Д	Пользователем указывается марка насоса установленного на подающем трубопроводе.
5	Число насосов на подающем трубопроводе	шт	Д	
6	Марка насоса на обратном трубопроводе	-	Д	Пользователем указывается марка насоса установленного на обратном трубопроводе.
7	Число насосов на обратном трубопроводе	шт	Д	
8	Напор насоса на подающем трубопроводе	м	Д	
9	Напор насоса на обратном трубопроводе	м	Д	
10	Напор на входе в насосную в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
11	Напор на входе в насосную в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
12	Напор на выходе из насосной в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
13	Напор на выходе из насосной в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
14	Расход воды в подающем трубопроводе	т/ч	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
15	Расход воды в обратном трубопроводе	т/ч	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
16	Температура воды в подающем трубопроводе	°С	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
17	Температура воды в обратном трубопроводе	°С	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
18	Давление в подающем тр-де перед узлом	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
19	Давление в подающем тр-де после узла	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
20	Давление в обратном тр-де перед узлом	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
21	Давление в обратном тр-де после узла	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
22	Время прохождения воды от источника	мин	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
23	Путь, пройденный от источника	м	Р	Определяется в результате выполнения наладочной или поверочной задачи
24	Давление вскипания	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
25	Статический напор	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
26	Статический напор на выходе	м	Р	Определяется в результате расчета

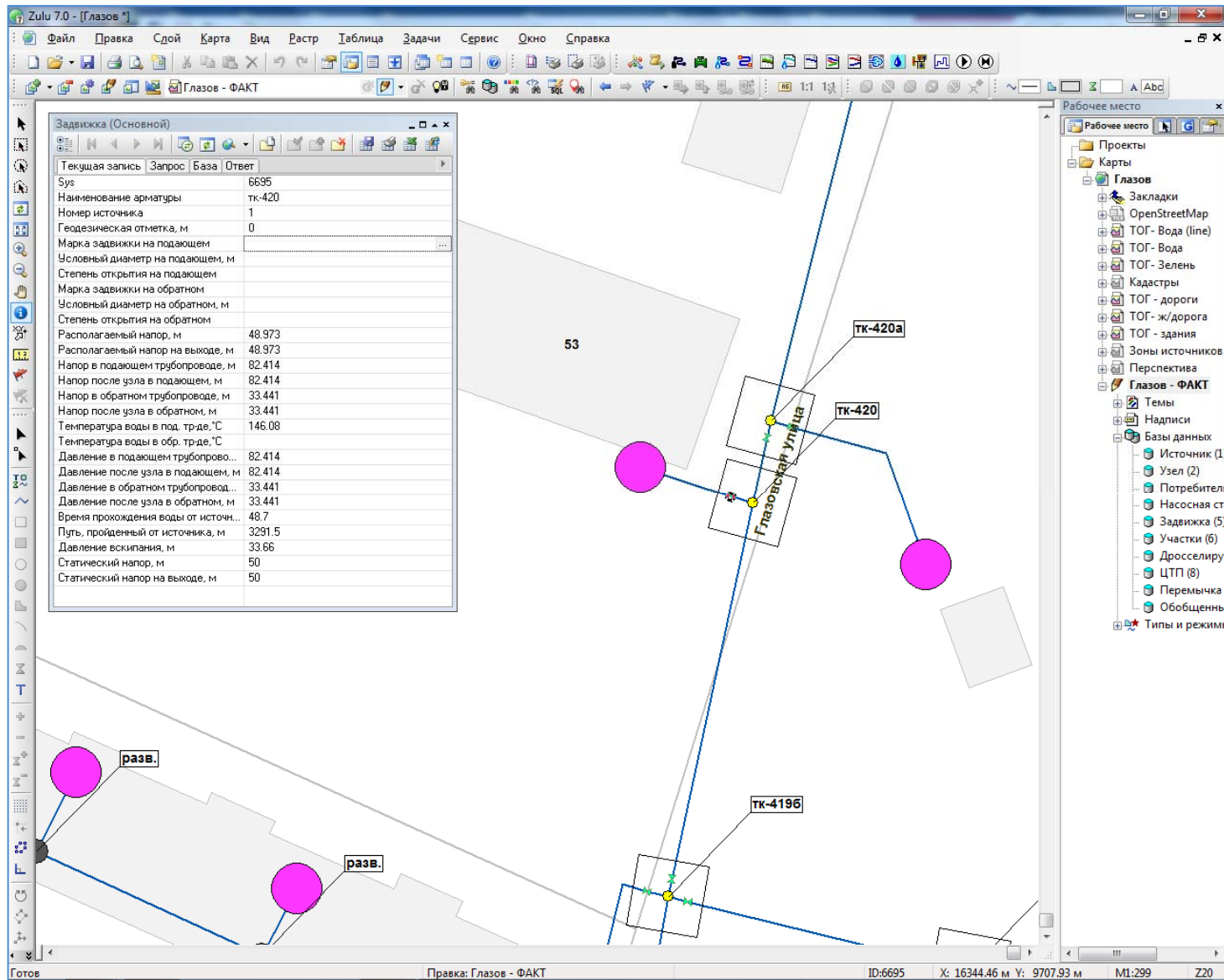


Рисунок 37 – Представление базы данных по объекту паспортизации Задвижка тепловой сети в ПК «ZuluТермо»

Таблица 9 - Описание полей баз данных по объекту паспортизации *Задвижка* тепловой сети в ПК «ZuluTermo»

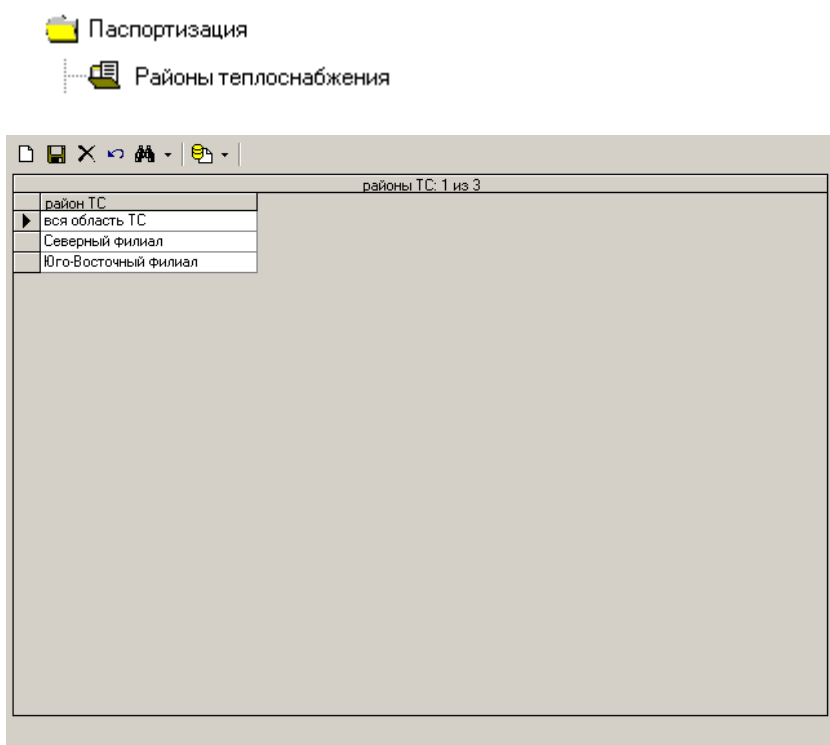
№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
1	Наименование арматуры	-	Д	
2	Номер источника	-	Р	После выполнения расчетов в данном поле записывается цифра, например 1, 2, 3, и т.д. соответствующая номеру источника от которого запрашивается данный объект
3	Наименование источника	-	Д	
4	Геодезическая отметка	м	Д	
5	Марка задвижки на подающем трубопроводе		Д	Задается пользователем марка установленной запорной арматуры на подающем трубопроводе
6	Условный диаметр на подающем трубопроводе	м	Д	
7	Степень открытия на подающем трубопроводе	-	Д	Задается пользователем степень открытия арматуры установленной на подающем трубопроводе
8	Марка задвижки на обратном трубопроводе.	-	Д	Задается пользователем марка установленной запорной арматуры на обратном трубопроводе
9	Условный диаметр на обратном трубопроводе	м	Д	
10	Степень открытия на обратном трубопроводе	-	Д	Задается пользователем степень открытия арматуры на обратном трубопроводе
11	Место установки	-	Д	
12	Тип трубопровода	-	Д	
13	Располагаемый напор	м	Р	Определяется в результате расчета
14	Располагаемый напор на выходе	м	Р	Определяется в результате расчета
15	Напор в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
16	Напор после узла в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
17	Напор в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
18	Напор после узла в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
19	Температура воды в подающем трубопроводе	°С	Р	Определяется в результате расчета
20	Температура воды в обратном трубопроводе	°С	Р	Определяется в результате расчета
21	Тип арматуры	-	Д	
22	Марка арматуры	-	Д	
23	Условный диаметр	мм	Д	
24	Условное давление	кгс/см ²	Д	
25	Дата изготовления	-	Д	
26	Дата установки	-	Д	
27	Материал	-	Д	

№ п.п.	Пользовательское наименование поля	Единицы измерения	Тип данных	Информация, записываемая в поле
28	Конструкция затвора	-	Д	
29	Завод изготовитель	-	Д	
30	Шифр арматуры	-	Д	
31	Коэффициент местного сопротивления	-	Д	
32	Пропускная способность	т/ч	Д	
33	Тип привода	-	Д	
34	Марка привода	-	Д	
35	Дата последнего ремонта	-	Д	
36	Вид ремонта	-	Д	
37	Примечание	-	Д	
38	Давление в подающем трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
39	Давление после узла в подающем	м	Р	Определяется в результате расчета
39	Давление в обратном трубопроводе	м	Р	Определяется в результате расчета
41	Давление после узла в обратном	м	Р	Определяется в результате расчета
40	Время прохождения воды от источника	мин	Р	Определяется в результате расчета
41	Путь, пройденный от источника	м	Р	Определяется в результате расчета
42	Давление вскипания	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
43	Статический напор	м	Р	Значение данной величины определяется в результате расчета
44	Статический напор на выходе	м	Р	Определяется в результате расчета

Представленное наполнение паспорта объекта тепловой сети является базовым, при необходимости элементы базы данных паспорта могут быть заменены, убраны, добавлены и перегруппированы.

3 Паспортизация и описание расчетных единиц территориально-административного деления

В электронной модели системы теплоснабжения районы теплоснабжения представляются как объекты, сгруппированные по территориальному (или иному) признаку. Их паспортизация осуществляется в форме «Районы теплоснабжения» дерева задач ГИС Zulu™. В поле таблицы вносится название района теплоснабжения (рисунок 38).

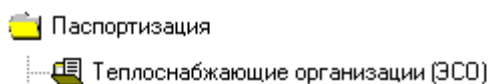


Рисунок

38 - Изображение формы «Районы теплоснабжения»

Особенностью данной формы является то, что первую запись «Вся область ТС» удалять не разрешается.

Теплоснабжающая организация (ЭСО) – это юридическое лицо, осуществляющее деятельность по выработке тепловой энергии, передаче и снабжению потребителей теплом. Теплоснабжающие организации действуют на территории районов теплоснабжения. Паспортизация теплоснабжающих организаций, осуществляется в форме «Теплоснабжающие организации (ЭСО)» дерева задач ГИС Zulu™ (рисунок 39).



ТС организации	
ТС организация	ЭУ-1
район теплоснабжения	Северный филиал
адрес	
тариф на продажу тепловой энергии	одноставочный
директор	
телефон директор	
гл инженер	
телефон гл инженер	
гл энергетик	
телефон гл энергетик	
гл бухгалтер	
телефон гл бухгалтер	
экономист	
телефон экономист	

Рисунок 39 - Изображение формы «Теплоснабжающие организации (ЭСО)»





Назначение полей таблицы паспортизации «Теплоснабжающие организации» приведено в таблице 10.

Таблица 10 - Назначение полей таблицы паспортизации «Теплоснабжающие организации»

Поле	Описание поля
ТС организация	Название теплоснабжающей организации
Район теплоснабжения	Район теплоснабжения, на территории которого действует данная теплоснабжающая организация. Значение поля выбирается из списка, сформированного на базе таблицы районов теплоснабжения.
Адрес	Адрес теплоснабжающей организации.
Тариф на продажу тепловой энергии	Вид тарифа на продажу тепловой энергии, принятый на данном теплоснабжающем предприятии. Значение поля выбирается из списка: одноставочный – плата за тепло взимается только по ставке за тепловую энергию; двухставочный – плата за тепло взимается по ставке; за тепловую энергию и по ставке за установленную тепловую мощность. Данные поля используются в задаче «Тарификация».

Поля должностное лицо и телефон	Поля носят информационный характер и предназначены для ввода фамилии, имени, отчества и номера телефона должностного лица предприятия.
---------------------------------	--

В электронной модели системы теплоснабжения районы теплоснабжения представляются как объекты, сгруппированные по территориальному (административному или другому) признаку. Электронная модель схемы теплоснабжения обеспечивает получение данных о единице (единицах) деления в форме запросов. Порядок формирования запросов в ПК «ZuluTermo» следующий:

1. Активируется слой, в базе данных которого находятся требуемые для вывода данные (в списке слоев  у указанного слоя активируется команда ).
2. Активируется команда «Выделить областью»  панели «Навигация».
3. Используя **Alt**, указать расчетную единицу, по которой запрашиваются данные. При этом в группу объединяются все объекты слоя и активируется команда «Отменить группу»  панели «Карта». Если объекты, которые надо выделить окажутся на пересечении контуров объектов других слоев, то в диалоговом окне «Пересечение с контуром из слоя» необходимо выбрать слой, в который входит объект и в пределах которого создается группа (Рисунок 40).

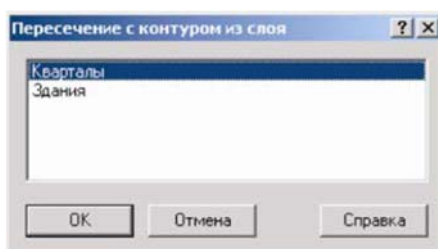






Рисунок 40 - Диалоговое окно «Пересечение с контуром из слоя»

4. Активируется команда «Информация»  на панели «Навигация».
 5. Указывается объект активного слоя в выделенной группе. В результате этого действия выводится табло информации по выбранному объекту с активной вкладкой «Текущая запись».
 6. На выведенном табло активируется вкладка «Запрос».
- В результате этого действия происходит переход на вкладку «Запрос» того же табло. На верхней панели кнопка  отображается в активном состоянии.
7. Активируется команда «Запрос» , расположенная на верхней панели того же табло. В результате этого действия происходит переход на вкладку «Ответ» того же табло, где в табличной форме представлены данные по ранее созданной группе объектов.

8. При необходимости вывода данных используются соответствующие команды верхней панели табло .

Получение данных по всем или нескольким расчетным единицам

При необходимости получения данных по всем или нескольким расчетным единицам из их общего количества следует воспользоваться рекомендациями раздела 8.5.1.8 Руководства пользователя ГИС Zulu и ZuluXTools (<http://www.politerm.com.ru/docs.htm>).

Использование SQL запросов для получения данных

Получение данных для паспортизации всех расчетных единиц осуществляется с помощью SQL запросов. Порядок формирования SQL запроса указан в разделе 15.3 Руководства пользователя ГИС Zulu и ZuluXTools (<http://www.politerm.com.ru/docs.htm>).

Конструкция типового запроса имеет вид:

```
Select a.имяЯчейки1Слоя1, a.имяЯчейкиNСлоя1, b.имяЯчейки1Слоя2,  
b.имяЯчейкиNСлоя2 from имяСлоя1 as a join имяСлоя2 as b on  
a.geometry.stwithin(b.geometry) where a.type=номерТипаОбъекта
```

Черным цветом в структуре запроса выделены постоянные элементы запроса; красным – требуемые для вывода ячейки; синим – псевдонимы слоев (раздел 2.1.3 Руководства «Использование языка SQL для выполнения запросов в системе Zulu»).

При таком запросе выборка данных осуществляется на основании пространственного сравнения объектов между собой – путем сопоставления координат объектов и определения их графического расположения относительно друг друга. То есть в результате обработки запроса выделяются все объекты указанного Типа из Слоя1, которые графически находятся внутри объектов Слоя2 и выводятся данные в табличной форме (Таблица 11).

Таблица 11 - Результат обработки запроса

имяЯчейки1Слоя1	имяЯчейкиNСлоя1	имяЯчейки1Слоя2	имяЯчейкиNСлоя2
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

имяЯчейки1Слоя1	имяЯчейкиНСлоя1	имяЯчейки1Слоя2	имяЯчейкиНСлоя2
...
...
...

Количество запрашиваемых для вывода ячеек ограничивается общим числом ячеек в базах данных соответствующих слоев (Слоя1 и Слоя2).

Информация по Типам объектов может быть получена из Структуры слоя (Рисунок 41 а), где она представлена уникальным номером (ID), либо при выделении необходимого объекта и просмотра информации о нем в окне «Свойства» (Рисунок 41 б).

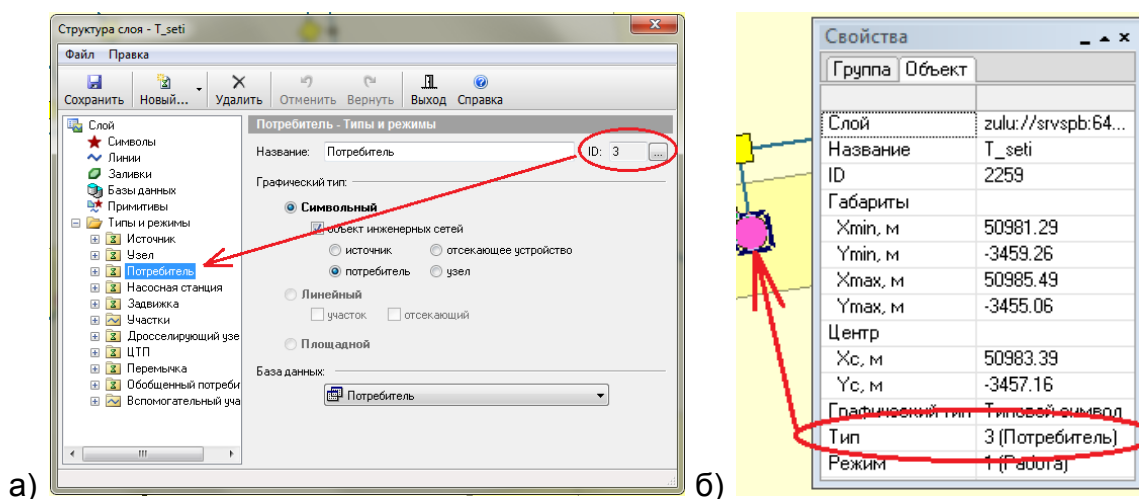


Рисунок 41 – Отображение данных по Типу объекта

Стандартные Типы элементов тепловой сети приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Стандартные Типы элементов тепловой сети

Наименование элемента модели тепловой сети	Тип элемента - уникальный номер (ID) в структуре слоя
Источник	1
Участок	6
Потребитель	3
Обобщенный потребитель	12

Узел	2
Центральный тепловой пункт (ЦТП)	8
Насосная станция	4
Задвижка	5
Перемычка	11
Дросселирующие устройства	7
Вспомогательный участок	13

Ниже приведены примеры вспомогательных SQL запросов для определения различных параметров, получаемых из электронной модели. Примеры составлены для случая, когда в расчет принимаются только элементы добавленные в Группу (по добавлению в Группу - см. Инструкцию пользователя по ПК Zulu). Для учета всех элементов загруженных в Карту из текста SQL запроса необходимо исключить условие «where a.geometry.selected()=1»:

1. Определение объема тепловой сети

```
select sum(pi()*a.[Внутренний диаметр подающего трубопровода, м]*a.[Внутренний диаметр подающего трубопровода, м]/4*a.[Длина участка, м]*2) as 'V, куб.м' from [Глазов - ФАКТ] as a where a.geometry.selected()=1
```

2. Определение количества элементов тепловой сети, добавленных в группу

```
select typeid, count(typeid) from [Глазов - ФАКТ]
where geometry.selected() = 1 group by typeid
```

3. Определение суммарной нагрузки по узлам ввода добавленным в группу

```
select sum(b.[Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч]+b.[Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч]+[Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/ч])
from [Глазов - ФАКТ] as b where b.typeid=3 and b.geometry.selected()=1
```

4. Поиск графического расположения абонента на карте по адресу

select sys, [Адрес узла ввода] from [Глазов - ФАКТ]

where [Адрес узла ввода] like '%иров%53%'

Примеры формирования SQL запросов для паспортизации расчетных единиц территориального деления

Пример формирования SQL запроса с выводом адреса и расчетных нагрузок потребителей тепловой энергии по всем расчетным элементам представлен на примере кадастровых кварталов муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики (Рисунок 42).

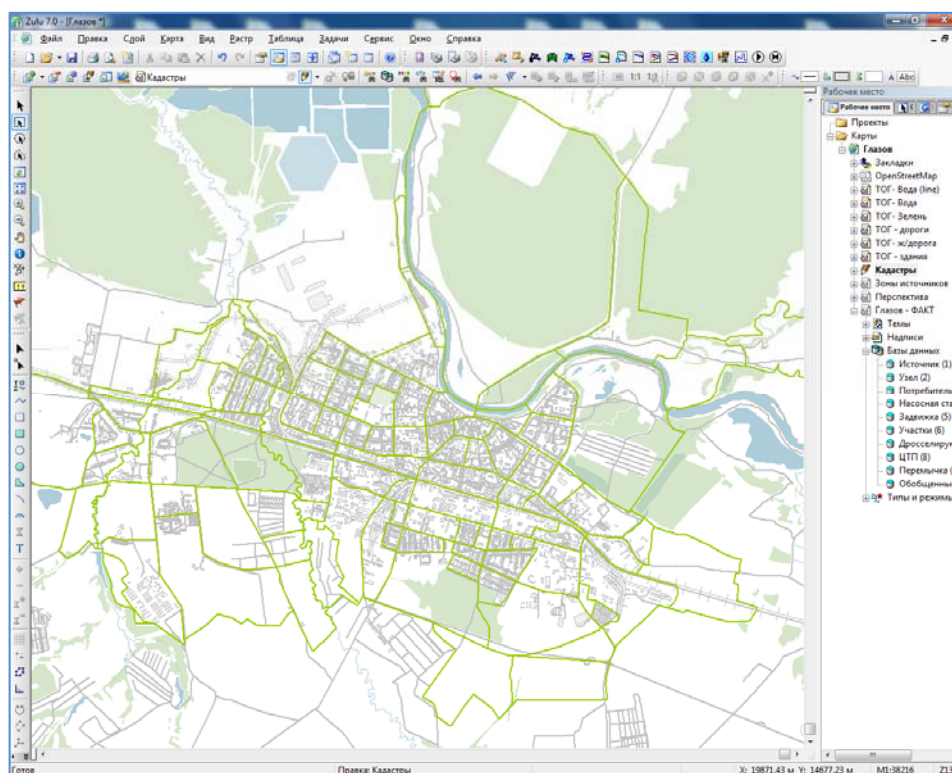


Рисунок 42 – Кадастровое деление муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

Результат обработки запроса представлен на рисунке 43.

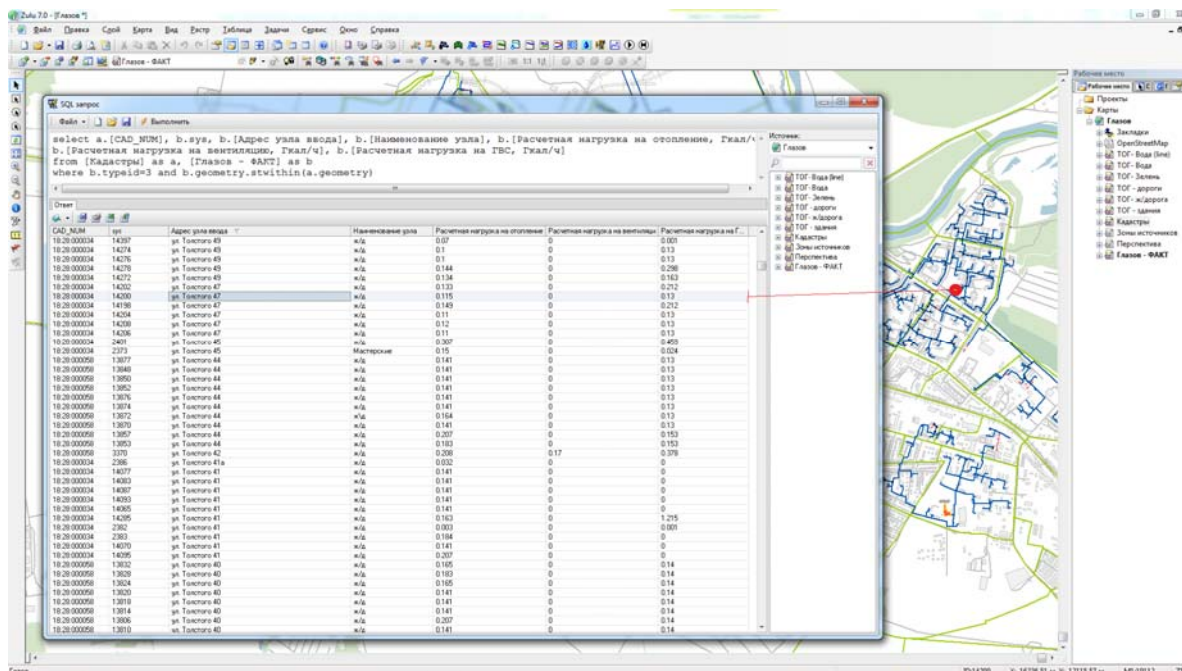


Рисунок 43 – Результат обработки запроса по кадастровым кварталам муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

Структура запроса:

```
select a.[CAD_NUM], b.sys, b.[Адрес узла ввода], b.[Наименование узла],
b.[Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч], b.[Расчетная нагрузка на вентиля-
цию, Гкал/ч], b.[Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/ч] from [Кадастры] as a, [Глазов -
ФАКТ] as b where b.typeid=3 and b.geometry.stwithin(a.geometry)
```

Содержание структуры запроса приведено в таблице 13.

Таблица 13 - Содержание структуры запроса по кадастровым муниципальное образования «Город Глазов» Удмуртской Республики

Часть структуры запроса	Содержание структуры запроса
Select	Оператор выборки данных
b.sys,	Ячейки, запрашиваемые для вывода в итоговую таблицу из базы данных слоя модели тепловой сети.
b.[Адрес узла ввода], b.[Наименование узла],	ВАЖНО: вынесение системных номеров (sys) является вспомогательным условием, позволяющим при нажатии на любую из строк на вкладке «Ответ» табло «SQL запрос» переходит к графическому расположению на карте выбранного элемента строки. Например, при нажатии на строку с sys 14200 в области Карты замигает узел ввода по ул.72 Толстого 47 (Рисунок 43)
b.[Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч],	Ячейки, запрашиваемые для вывода в итоговую таблицу из базы данных слоя кадастрово-
b.[Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч],	
b.[Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/ч]	
a.[CAD_NUM]	

Часть структуры запроса	Содержание структуры запроса го деления.
[Кадастры] as a [Глазов - ФАКТ] as b on b.geometry.stwithin(a.geometry)	Обозначение слоя под псевдонимом «a» Обозначение слоя под псевдонимом «b» Описание условия соединения слоев, в дан- ном случае stwithin – элементы слоя «b» гео- метрически находятся внутри элементов слоя «a»
where	ВАЖНО: Пространственный объект считается входящим в другой объект если все его точки лежат внутри границ другого объекта. Иные условия сравнение пространственных объектов между собой с помощью SQL так же могут быть использованы
a.typeid=3	Команда SQL, определяющая наличие допол- нительного условия выборки Описание дополнительного условия выборки – основное условие применяется только к эле- ментам указанного типа и данные выводятся так же только по данному типу.

Результаты обработки запроса представляются в табличной форме (таблица 14) на вкладке «Ответ» табло «SQL запрос» (рисунок 43).

Таблица 14 – Результат обработки запроса на данные по кадастровым кварталам муниципального образования «Город Глазов» Удмуртской Республики (приведена часть данных)

Номер кадастрового квартала	sys	Адрес узла ввода	Наименование узла	Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/ч
18:28:000047	4190	ул. Сибирская 23	ж/д	1.113	0	0.445
18:28:000047	2356	ул. Толстого 38	ж/д	1.074	0	0.432
18:28:000047	9429	ул. Первомайская 1	ж/д	0.99	0	0.464
18:28:000028	1321 8	ул. Мира 22	Операционный блок	0.928	0	0
18:28:000001	5796		Пром об	0.912	0	0
18:28:000075	9550	ПТФ	Гаражи	0.903	0	0
18:28:000045	7265	Короленко 8	Школа	0.856	0	0.333
18:28:000047	1339 8	ул. Первомайская 1	ж/д	0.838	0	0.464
18:28:000091	1046 2	ул. Колхозная, 12	Школа №16	0.739	0	0.091
18:28:000054	1589	ул. Пряженникова	Пром об	0.71	0	0.057
18:28:000042	4268	ул. Советская 29	Дом культуры	0.7	0.063	0.06
18:28:000052	4997		Гараж	0.688	0	0
18:28:000057	8968	ул. Первомайская 25	ГГПИ	0.683	0	0.138
18:28:000057	9437	ул. К.Маркса 27	ж/д	0.641	0	0.31

При необходимости сохранения содержания запроса, а также результатов его обработки используются соответствующие команды верхней панели табло



вкладки «Ответ».

4 Гидравлический расчет тепловых сетей

Расчетный расход сетевой воды на систему отопления (СО), присоединенную по зависимой схеме, определяется по формуле:

$$G_{c.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.p.} - \tau_{2.p.})}, \text{ т/ч}$$

где $Q_{o.p.}$ - расчетная нагрузка на систему отопления, Гкал/ч;

$\tau_{1.p.}$ - температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

$\tau_{3.p.}$ - температура воды в подающем трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

$\tau_{2.p.}$ - температура воды в обратном трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

Расчетный расход воды в системе отопления определяется из выражения:

$$G_{c.o.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{3.p.} - \tau_{2.p.})}, \text{ т/ч}$$

где $\tau_{3.p.}$ - температура воды в подающем трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

Относительный расход сетевой воды \bar{G}_c на систему отопления:

$$\bar{G}_c = \frac{G_c}{G_{c.p.}},$$

где G_c - текущее значение сетевого расхода на систему отопления, т/ч.

Относительный расход тепла \bar{Q}_o на систему отопления:

$$\bar{Q}_o = \frac{Q_{o.}}{Q_{o.p.}},$$

где Q_o - текущее значение расхода теплоты на систему отопления.

Расчетный расход теплоносителя в системе отопления присоединенной по независимой схеме:

$$G_{c.o.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{1.p.} - t_{2.p.})}, \text{ Т/ч}$$

где $t_{1.p.}$, $t_{2.p.}$ - расчетная температура нагреваемого теплоносителя (второй контур) соответственно на выходе и входе в теплообменный аппарат, °С.

Расчетный расход теплоносителя в системе вентиляции определяется по формуле:

$$G_{c.в.} = \frac{Q_{в.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.p.} - \tau_{2.в.p.})}, \text{ Т/ч}$$

где $Q_{в.p.}$ - расчетная нагрузка на систему вентиляции Гкал/ч;

$\tau_{2.в.p.}$ - расчетная температура сетевой воды после калорифера системы вентиляции, °С.

Расчетный расход теплоносителя на систему горячего водоснабжения (ГВС) для открытых систем теплоснабжения определяется по формуле:

$$G_{звс.p.} = \frac{Q_{звс.}^{cp.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{зв.} - t_{хв.})}, \text{ Т/ч.}$$

Расход воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода тепловой сети:

$$G_{н.звс.} = \beta \cdot G_{звс.p.}, \text{ Т/ч}$$

где β - доля отбора воды из подающего трубопровода, определяемая по формуле:

$$\beta = \frac{t_{зв.} - \tau_2}{\tau_1 - \tau_2.}$$

Расход воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода тепловой сети:

$$G_{o.гвс.} = (1 - \beta) \cdot G_{гвс.р.}, \text{ Т/ч.}$$

Расчетный расход теплоносителя (греющей воды) на систему ГВС для закрытых систем теплоснабжения:

при параллельной схеме включения подогревателей на систему горячего водоснабжения вычисляется по формуле:

$$G_{гвс.р.} = \frac{Q_{гвс.р.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.и.} - \tau_{2.и.})}, \text{ Т/ч}$$

где: $\tau_{1.и.}$ - температура сетевой воды в подающем трубопроводе в точке излома температурного графика, °С;

$\tau_{2.и.}$ - температура сетевой воды после подогревателя в точке излома температурного графика (принимается $\tau_{2.и.} = 30$ °С).

При наличии баков аккумуляторов:

$$Q_{гвс.р.} = Q_{гвс.}^{cp.}, \text{ Гкал/ч.} \quad (4.1)$$

При отсутствии баков аккумуляторов:

$$Q_{гвс.р.} = Q_{гвс.}^{max.}, \text{ Гкал/ч} \quad (4.2)$$

где $Q_{гвс.}^{cp.}$ - величина средней тепловой нагрузки на ГВС, при отсутствии данных определяется по формуле:

$Q_{гвс.}^{max.}$ - величина максимальной тепловой нагрузки на ГВС, при отсутствии данных определяется по формуле:

$$Q_{гвс.}^{max.} = K \cdot Q_{гвс.}^{cp.}, \text{ Гкал/ч}$$

где K – коэффициент часовой неравномерности.

Для смешанной схемы включения подогревателей на систему горячего водоснабжения, при регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке, расчет-

ный расход греющей воды на верхнюю ступень подогревателя определяется по формуле:

$$G_{звс.р.}^{II} = \frac{Q_{звс.}^{II} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.и.} - \tau_{2.м.и.})}, \text{ Т/ч}$$

$$Q_{звс.}^{II} = Q_{звс.}^{\max} \cdot \frac{t_{зв.} - t_{н.}}{t_{зв.} - t_{хв.}}, \text{ Гкал/ч}$$

где $t_{н.}$ - температура холодной водопроводной воды после теплообменного аппарата нижней ступени, принимаемая на 5 - 10 °С ниже температуры сетевой воды в обратном трубопроводе после системы отопления в точке излома температурного графика;

$\tau_{2.м.и.}$ - температура сетевой воды после теплообменного аппарата верхней ступени, принимаемая равной температуре сетевой воды после системы отопления в точке излома температурного графика, °С.

Для последовательной схемы включения подогревателей на систему горячего водоснабжения при регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке, расчетный расход греющей воды на верхнюю ступень подогревателя определяется по формуле:

$$G_{звс.р.}^{II} = \frac{Q_{звс.}^{II} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.и.} - \tau_{2.м.и.})}, \text{ Т/ч}$$

где $\tau_{2.м.и.}$ - температура сетевой воды после теплообменного аппарата верхней ступени, °С;

$$Q_{звс.}^{II} = Q_{звс.}^{\text{бал.}} \cdot \frac{t_{зв.} - t_{н.}}{t_{зв.} - t_{хв.}}, \text{ Гкал/ч}$$

где $Q_{звс.}^{\text{бал.}} = \chi \cdot Q_{звс.}^{\text{сп.}}$ - балансовая нагрузка на горячее водоснабжение, Гкал/ч, при $\chi = 1,2$.

Расход сетевой воды на первую (нижнюю) ступень теплообменного аппарата определяется по формуле:

$$G_{звс.р.}^I = G_{аб.р.} = G_{с.р.} + G_{звс.р.}^{II}, \text{ Т/ч}$$

где $G_{аб.р.}$ - расчетный расход сетевой воды на абонентский ввод, т/ч;

$G_{звс.р.}^{II}$ - расчетный расход сетевой воды на вторую (верхнюю) ступень теплообменного аппарата, т/ч.

Суммарный расход сетевой воды на абонентский ввод равен сумме расчетных расходов на отопление, вентиляцию и ГВС:

$$G_{аб.в.р.} = G_{со.р.} + G_{звс.р.}^{II} + G_{св.р.}, \text{ т/ч.}$$

Расчетный расход воды в двухтрубных тепловых сетях в неотапительный период определяется по формуле:

$$Q_{звс.р.} = \alpha \cdot Q_{звс.}^{\max.}, \text{ т/ч}$$

где α – коэффициент, учитывающий изменения среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора равным 0,8 (для курортов $\alpha = 1,2 - 1,5$), для предприятий – 1,0.

При этом максимальный расход воды на горячее водоснабжение определяется для открытых систем теплоснабжения по формуле:

$$G_{звс.р.} = \frac{Q_{звс.}^{\max.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{зв.} - t_{хв.})}, \text{ т/ч}$$

при температуре холодной воды в неотапительный период.

Для закрытой системы при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения – по формуле:

$$G_{звс.р.} = \frac{Q_{звс.}^{\max.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.и.} - \tau_{2.м.и.})}, \text{ т/ч.}$$

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается в размере 10 % от расчетного расхода воды, определенного по предыдущей формуле.

Определение сопротивлений участков тепловой сети и потребителей

Потери напора при движении теплоносителя по трубопроводам, определяются по формуле:

$$\Delta H_{уч.} = S_{уч.} \cdot \left(\frac{G_{уч.}}{\rho} \right)^2,$$

где $G_{уч.}$ - расход теплоносителя на участке тепловой сети, т/час;

$S_{уч.}$ - приведенное сопротивление участка трубопровода, м/(т/час)²;

ρ - плотность теплоносителя, кг/м³.

Приведенное сопротивление участка трубопровода определяется по формуле:

$$S_{уч.} = \frac{A_r \cdot (l_{уч.} + l_{эkv.})}{g \cdot d_{уч.}^{5,25}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$$

где A_r - коэффициент, м^{0,25};

$l_{уч.}$ - длина участка трубопровода по плану, м;

$l_{эkv.}$ - эквивалентная длина участка трубопровода, м;

$d_{уч.}$ - внутренний диаметр участка трубопровода, м;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Конструкторский гидравлический расчет трубопроводов тепловой сети

Целью конструкторского гидравлического расчета является определение диаметров трубопроводов и потерь давления в тепловой сети при известных расходах и параметрах теплоносителя. Конструкторский расчет выполняется для тупиковой и кольцевой тепловой сети.

Исходными данными для проведения конструкторского гидравлического расчета являются:

- схема тепловой сети;
- длины участков тепловой сети, количество и места установки задвижек, компенсаторов и углов поворота;
- расчетные нагрузки потребителей;
- расчетные параметры теплоносителя на источнике и потребителях;
- геодезические отметки узлов тепловой сети и высоты зданий.

Конструкторский расчет трубопроводов тепловой сети открытой системы теплоснабжения для зимнего периода выполняют для двух режимов:

- при отсутствии водоразбора на горячее водоснабжение, когда расчетный расход теплоносителя, а, следовательно, и потери давления в подающем и обратном трубопроводах будут равными (диаметры подающего и обратного трубопровода одинаковые);
- при максимальном водоразборе на горячее водоснабжение из обратного трубопровода (диаметры подающего и обратного трубопровода разные).

Конструкторский расчет тепловой сети закрытой системы теплоснабжения выполняется из условия, что диаметры подающего и обратного трубопроводов одинаковые.

Расходы теплоносителя на участках тепловой сети определяются в зависимости от схемы присоединения потребителей и способа регулирования отпуска теплоты.

Конструкторский расчет тепловой сети может быть выполнен двумя способами:

- по известной разности располагаемых напоров в начале и конце рассчитываемой сети. При этом за основную магистраль при расчете разветвленной тепловой сети выбирают ветвь с наименьшими удельными потерями напора;
- по задаваемым удельным потерям давления на основной магистрали и ответвлениях. В этом случае за основную магистраль принимается наиболее протяженная ветвь. Удельные потери на магистрали выбирают так, чтобы давления в узлах ответвлений обеспечивало нормальную работу всех потребителей.

В первом случае решение задачи сводится к определению расчетных удельных потерь напора и подбору таких диаметров трубопроводов, при которых фактические удельные потери напора не превышают расчетных. Под расчетным участком разветвленной сети будем понимать трубопровод, в котором расход теплоносителя не изменяется. Расчетный участок располагается, как правило, между соседними ответвлениями. Расчетный участок делится на два или несколько, если в его пределах требуется изменить диаметры труб или вид прокладки.

При этом конструкторский расчет тепловой сети распадается на два этапа: предварительный и поверочный.

Предварительный расчет

Определяются расчетные расходы теплоносителя на всех участках расчетной магистрали тепловой сети путем последовательного суммирования расходов теплоносителя по всем потребителям и ответвлениям.

Определяется расчетный располагаемый напор на каждом потребителе

$$\Delta H_{ном.}$$

Определяется ориентировочная доля потерь давления в местных сопротивлениях по формуле Б.Л. Шифринсона:

$$\alpha_i = z \cdot \sqrt{G_i},$$

где G_i – расход теплоносителя на участке, кг/с;

z – коэффициент, зависящий от вида теплоносителя, для воды $z = 0,03 - 0,05$.

Определяется предварительное удельное линейное падение давления на расчетной магистрали по формуле:

$$R_{л.уд.} = \frac{(\Delta H_{уст.} - \Delta H_{ном.}) \cdot \gamma_{cp.}}{(1 + \alpha) \cdot 2 \cdot \sum_1^n l_i} = \frac{(\Delta H_{уст.} - \Delta H_{ном.}) \cdot g \cdot \rho}{(1 + \alpha) \cdot 2 \cdot \sum_1^n l_i}, \text{ Па/м}$$

где $2 \cdot \sum_1^n l_i$ - длина подающего и обратного трубопровода расчетной магистрали,

м;

l_i - длина i -го участка подающего трубопровода, м;

n – количество участков подающего трубопровода на расчетной магистрали;

$\Delta H_{уст.}$ - располагаемый напор на источнике, м;

$\Delta H_{ном.}$ - располагаемый напор на потребителе, м;

$\gamma_{cp.}$ - удельный вес теплоносителя, кг/м³. При среднегодовой температуре теплоносителя, равной 75 °С, удельный вес воды $\gamma_{cp.} = 9555 \text{ Н/м}^3$, $\rho_{cp.} = 975 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Диаметр трубопровода предварительно определяется по формуле:

$$d_i = A_d^b \cdot \frac{G_i^{0.38}}{R_{л.уд.}^{0.19}}, \text{ м}$$

где A_d^b - коэффициент, зависящий от шероховатости трубопровода и плотности теплоносителя, приведен в таблице 15.

G_i - массовый расход теплоносителя на участке сети, кг/с;

d_i - внутренний диаметр трубопровода, м

Проверочный расчет

Округляется предварительно рассчитанный диаметр до ближайшего по стандарту. Определяется фактическое удельное падение давления по формуле:

$$R_{л.уд.} = A_R^b \cdot \frac{G_i^2}{d_i^{5.25}}, \text{ Па/м. (4.3)}$$

При определении фактических удельных потерь давления следует ориентироваться на диаметр условного прохода трубопровода, который для стальных труб равен усредненному по толщине стенки внутреннему диаметру.

Определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \xi$. При подсчете суммы коэффициентов местных сопротивлений учитывается все устанавливаемое на участке оборудование: задвижки, компенсаторы, отводы, тройники и т.д.

Определяется длина трубопровода, эквивалентная местным сопротивлениям, установленным на каждом участке, по формуле:

$$l_{экр.} = A_l \cdot \sum \xi \cdot d_i^{1.25}, \text{ м (4.4)}$$

где A_l , A_R^b , A_d^b - коэффициенты, зависящие от шероховатости трубопровода и плотности теплоносителя, приведены в таблице 15.

Определяется фактическое суммарное падение давления на участке по формуле:

$$\Delta P_{уч.} = R_{л.уд.} \cdot (l + l_{экр.}), \text{ Па. (4.5)}$$

Определяется фактическая потеря напора на участке сети

$$\Delta H_{уч.} = \frac{\Delta P_{уч.}}{\gamma_{ср.}} = \frac{\Delta P_{уч.}}{g \cdot \rho_{ср.}} = \frac{\Delta P_{уч.}}{9.8 \cdot \rho_{ср.}}, \text{ м. (4.6)}$$

Определяется располагаемый напор в узлах расчетной магистрали

$$\Delta H_{узла} = \Delta H_{ист.} - \Delta H_{под.уч.} - \Delta H_{обр.уч.}, \text{ м (4.7)}$$

где $\Delta H_{под.уч.}$ - фактические потери напора на участке подающего трубопровода, м;

$\Delta H_{обр.уч.}$ - фактические потери напора на участке обратного трубопровода, м.

Определяется скорость движения воды в трубах, которая должна быть не более 3,5 м/с

$$\omega_{уч.} = \frac{G_{уч.}}{3600 \cdot f_{тр.} \cdot \rho_{ср.}} = \frac{G_{уч.}}{3600 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho_{ср.}}, \text{ м/с. (4.8)}$$

Зависимость между расходом воды, скоростью и диаметром участка имеет вид:

$$G_{уч.} = 2826 \cdot \omega_{уч.} \cdot d^2 \cdot \rho_{сп.}, \text{ т/ч.} \quad (4.9)$$

где $\rho_{сп.}$ - плотность теплоносителя, кг/м³;

$f_{мп.}$ - площадь поперечного сечения трубопровода, м².

По известному располагаемому напору в узлах расчетной магистрали и располагаемому напору у потребителей аналогично производят расчет ответвлений.

Расчет считается удовлетворительным, если полученные потери напора на каждой стадии расчета не превышают разность располагаемых напоров начала и конца расчетного участка и отличаются от него не более чем на 10%. В этом случае расчетный расход теплоносителя будет обеспечен с ошибкой не более 3,5%.

В случае, когда располагаемый напор на источнике неизвестен, его обоснование следует выполнять на основании технико-экономических расчетов. При отсутствии данных для экономического обоснования удельные потери вдоль главной магистрали можно принимать от 30 до 80 Па/м. Для ответвлений к отдельным зданиям - по располагаемому перепаду давлений, но не более 300 Па/м.

При этом конструкторский расчет тепловой сети ведут по следующей методике.

Исходя из схемы присоединения местных теплопотребляющих установок, определяют требуемый перепад давлений на вводах в здания и сооружения.

Начиная с концевого участка расчетной магистрали, определяют диаметры труб по расчетному расходу теплоносителя и экономически целесообразным удельным потерям давления, формула (4.3).

По формуле (4.5) определяют потери давления на участке с учетом фактических удельных потерь давления и его приведенной длины.

Располагаемый перепад давлений в конце расчетного участка складывается из требуемого перепада давлений на вводе и суммы потерь давления в подающем и обратном трубопроводах. Для последующих участков расчетной магистрали определение потерь давления и конечных располагаемых перепадов производится аналогично.

После расчета магистрали во всех узловых точках сети будут известны располагаемые перепады давлений. Поэтому последующий расчет можно проводить по методике, рассмотренной выше.

Для предотвращения возможных закупорок труб продуктами коррозии и другими механическими отложениями минимальные диаметры труб тепловых сетей ограничены и принимаются, независимо от расходов теплоносителя, для магистральных

и распределительных участков не менее 32 мм, а для ответвлений к отдельным зданиям - не менее 25 мм.

Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение должны приниматься, как правило, одинаковыми.

Для распределительных участков сети и ответвлений необходимо стремиться к подбору таких диаметров труб, при которых обеспечивается полное использование располагаемого перепада давлений. Все избыточные давления в сети необходимо погасить на вводах в здания либо соплом элеватора, либо путем установки дроссельных шайб.

По результатам конструкторского гидравлического расчета можно построить пьезометрический график, далее выполнить наладку системы теплоснабжения либо поверочный расчет.

Таблица 15 - Размерности и значения коэффициентов A_R^b , A_d^b , A_l .

Коэффициент	Размерность	Выражение	Абсолютная эквивалентная шероховатость $k_{эkv}$, м		
			0.0002	0.0005	0.001
A_R^b	$M^{3.25}/KГ$	$0.0894 \cdot \frac{k_{эkv}^{0.25}}{\rho}$	$10.92 \cdot 10^{-6}$	$13.64 \cdot 10^{-6}$	$16.3 \cdot 10^{-6}$
A_d^b	$M^{3.25}/KГ^{0.19}$	$0.63 \cdot \frac{k_{эkv}^{0.0475}}{\rho^{0.19}}$	$111.5 \cdot 10^{-3}$	$117 \cdot 10^{-3}$	$121 \cdot 10^{-3}$
A_l	$M^{-0.25}$	$\frac{9 \cdot 1}{k_{эkv}^{0.25}}$	76.4	60.7	51.1

Размерности и числовые значения указанных коэффициентов взяты при плотности $\rho = 975 \text{ кг/м}^3$, что соответствует средней температуре теплоносителя за год $\tau_{cp} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расчет потокораспределения в трубопроводной сети

Программный модуль предназначен для расчета режимов работы трубопроводных сетей.

К началу выполнения гидравлического расчета определены:

- сопротивления участков тепловой сети;

- сопротивления потребителей;
- расходы в узлах сети;
- действующие напоры на источниках и насосных станциях.

В результате гидравлического расчета определяются расходы теплоносителя на каждом участке тепловой сети и давления в каждом узле. Для определения названных величин используются законы Кирхгофа:

- сумма расходов, втекающих в каждый узел, равна нулю (или утечке);
- сумма падений давления на всех участках замкнутого цикла равна нулю (или сумме действующих напоров).

Эти два фундаментальных закона следует дополнить эмпирической зависимостью падения давления на участке сети от расхода:

$$p = f(q). \quad (4.10)$$

Для всех трубопроводных сетей считается оправданным использование зависимости вида [13]

$$f(q) = s |q|^{\beta-1} q. \quad (4.11)$$

В частности, для водопроводной сети принято использовать функцию:

$$f(q) = s |q| q,$$

где S – постоянный коэффициент, называемый сопротивлением.

С использованием матрицы инцидентности графа сети первую систему уравнений Кирхгофа можно записать в виде:

$$A \cdot q = Q. \quad (4.12)$$

Здесь A – матрица инцидентности без последней строки,

q – вектор расходов на участках,

Q – вектор утечек в узлах.

Вторая система уравнений Кирхгофа может быть получена из системы уравнений, выражающих закон Ома для каждого участка сети:

$$A^T p = H - S f(q). \quad (4.13)$$

Здесь P – вектор давлений в узлах;

H – вектор действующих на участках напоров;

S – диагональная матрица сопротивлений участков.

Если для графа сети выбрано основное дерево, тогда ему соответствует определенная система базисных циклов, описываемая матрицей B . Умножая последнее соотношение на матрицу B слева и, учитывая, что $BA^T = 0$, получается вторая система уравнений Кирхгофа:

$$BS f(q) = BH \quad (4.14)$$

Решение такой системы нелинейных уравнений находится численно с использованием метода Ньютона. При этом время, требуемое для решения, пропорционально третьей степени числа неизвестных. Для достаточно больших трубопроводных сетей описанный подход требует слишком больших затрат машинного времени. Для ускорения процесса решения еще Кирхгофом предложен метод контурных расходов. В качестве неизвестных величин выбираются контурные расходы, точнее расходы на участках сети (хордах) не входящих в основное дерево. Количество хорд значительно меньше, чем количество узлов и участков.

Система (4.12), (4.14) переписывается в виде:

$$\begin{cases} A_t q_t + A_c q_c = Q, \\ B_t S_t f(q_t) + S_c f(q_c) = BH, \end{cases} \quad (4.15)$$

где нижним индексом “ t ” отмечены величины, относящиеся к участкам, образующим дерево, а индексом “ c ” – к хордам.

Матрица A_t обратима, поэтому первое уравнение преобразуется к виду:

$$q_t = B_t^T q_c + A_t^{-1} Q \quad (4.16)$$

Линеаризация оставшихся уравнений с учетом этого соотношения дает:

$$K \Delta q_c = F \quad (4.17)$$

где $K = B_t S_t f'(q_t) B_t^T + S_c f'(q_c)$ – матрица Кирхгофа,

правая часть вычисляется по формуле:

$$F = BS_t f'(q_t) + S_c f'(q_c) - BH \quad (4.18)$$

В соответствии с этим для решения системы нелинейных алгебраических уравнений имеем рекуррентную формулу:

$$q_c^{(N+1)} = q_c^{(N)} - K^{-1} F \quad (4.19)$$

Матрица K симметрична и положительно определена, поэтому для решения уравнения (4.17) применяется метод Холесского. Хранение и обработка информации производится не в матричной форме, а в виде списков.

На основании решения представленных выше уравнений производится расчет потокораспределения в сети. В результате расчета определяются:

- расходы и потери напора по участкам сети;
- напоры во всех узлах, как в подающем, так и обратном трубопроводах;
- фактические располагаемые напоры у потребителей.

Если в результате наладки у какого-либо потребителя фактический напор получится меньше, чем требуемый, то значение этой разницы запоминается и выдается сообщение «Заданного напора на источнике недостаточно». В этом случае возможны следующие варианты расчета:

1. Окончание расчета без изменения напора. Вариант может быть принят, если на источнике задан реальный располагаемый напор. После завершения расчета следует проанализировать причину недостатка напора у потребителей.
2. Задать новый напор на источнике. Выбор значения напора, которое необходимо добавить для нормальной работы сети. В этом случае произойдет пересчет потокораспределения и напоров во всех узлах сети. Вариант может быть использован для выбора оптимального располагаемого напора на источнике. С этой целью перед началом расчета в качестве исходных данных задается заведомо малое значение располагаемого напора, которое в дальнейшем пересчитывается.

Температурные графики систем централизованного теплоснабжения

В соответствии со СНиП 2.04.07-86* регулирование отпуска теплоты предусматривается, как правило, качественное по нагрузке отопления или по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения согласно графику изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха.

При центральном качественном регулировании в системах теплоснабжения с преобладающей (более 65 %) жилищно-коммунальной нагрузкой следует принимать регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, а при тепловой нагрузке жилищно-коммунального сектора менее 65 % от суммарной

тепловой нагрузки и доле средней нагрузки горячего водоснабжения менее 15 % от расчетной нагрузки отопления – принимается регулирование по нагрузке отопления.

Однако, выбор графика регулирования зачастую определяется целым рядом местных условий, а также сложившимися условиями проектирования системы теплоснабжения (схемами присоединения потребителей, диаметрами трубопроводов тепловой сети и т.д.).

В обоих случаях центральное качественное регулирование отпуска теплоты ограничивается наименьшими температурами воды в подающем трубопроводе тепловой сети, необходимыми для подогрева воды, поступающей в системы горячего водоснабжения потребителей:

- для закрытых систем теплоснабжения – не менее 70 °С;
- для открытых систем теплоснабжения – не менее 60 °С.

При расчете графиков температур принимается: начало и конец отопительного периода при температуре наружного воздуха 8 °С.

График качественного регулирования по отопительной нагрузке

При качественном регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке графики температур до и после узла смешения и температуры воды, поступающей в тепловую сеть, определяются по результатам расчета системы теплоснабжения. Расчет можно производить как для открытых, так и для закрытых систем теплоснабжения с зависимым присоединением систем отопления. Выбор потребителя, на которого производится расчет температурного графика, осуществляется оператором. При выборе можно ориентироваться на самого плохого, с точки зрения теплогидравлического режима, потребителя или потребителя, характеризующего основную массу зданий данного района теплоснабжения.

Без учета тепловых потерь в тепловых сетях.

В этом случае на количество тепловой энергии, получаемой потребителем, будет оказывать влияние только гидравлический режим работы тепловой сети, т.е. чем больше располагаемый напор на потребителе (при отсутствии регуляторов), тем выше температура внутреннего воздуха отапливаемого здания.

Температура сетевой воды в подающем трубопроводе перед отопительной установкой будет равна температуре воды после источника и в общем случае может быть определена по формуле:

$$\tau_{1.o.} = t_{в.п.} + \Delta t_{o.p.} \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0.8} + \left(\delta \tau_{o.p.} - \frac{\theta^p}{2} \right) \cdot \bar{Q}_o^p, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.20)$$

где θ^p - расчетный перепад температур теплоносителя в нагревательных приборах, $^\circ\text{C}$.

$$\theta^p = \frac{\delta \tau_{o.p.}}{1 + u} \quad (4.21)$$

Температура воды после отопительной установки

$$\tau_{2.o.} = t_{в.п.} + \Delta t_{o.p.} \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0.8} - \frac{\theta^p}{2} \cdot \bar{Q}_o^p \quad (4.22)$$

Температура воды после смесительного устройства

$$\tau_{3.o.} = t_{в.п.} + \Delta t_{o.p.} \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0.8} + \frac{\theta^p}{2} \cdot \bar{Q}_o^p \quad (4.23)$$

С учетом тепловых потерь в тепловых сетях.

В этом случае на количество тепла, получаемого потребителем, будет оказывать влияние не только гидравлический режим работы системы теплоснабжения, но и потери тепла от источника до выбранного объекта.

При этом, если оператор ориентировался на потребителя, находящегося в наихудших условиях работы, то потребители, находящиеся вблизи от источника и имеющие минимальные тепловые потери в тепловых сетях, будут получать избыточное количество тепловой энергии.

По результатам расчета строится температурный график.

Расчет номинального гидравлического режима систем горячего водоснабжения

Расчет номинального гидравлического режима выполняется в расчетном модуле «Наладочный расчет тепловой сети» и является условным расчетным приемом для подбора дросселирующих устройств и определения мест их установки.

Ниже приведена методика наладочного расчета для открытых и закрытых систем горячего водоснабжения (ГВС), неавтоматизированных систем и систем с уста-

новленным регулятором температуры. Приведенные в качестве примера выводы применимы при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке.

Открытая система горячего водоснабжения без регулятора температуры на систему ГВС

Неавтоматизированная система централизованного теплоснабжения, абонентский ввод которой подключен к тепловой сети по схеме, представленной на рисунке 3.1, не имеет ни одного регулирующего устройства (при проведении наладочного расчета регулятор температуры не рассматривается). Здесь, система отопления подключена по зависимой схеме через элеваторный узел. Система горячего водоснабжения открытая. Места возможной установки дросселирующих устройств 1, 2, 3, 4 показаны на рисунке 44.

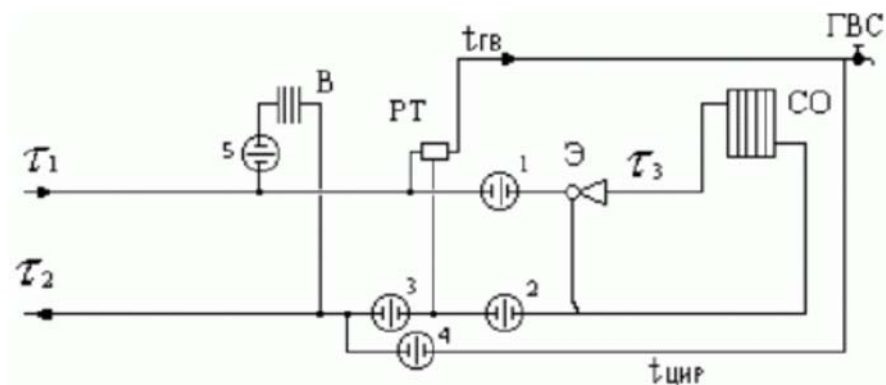


Рисунок 44 - Схема подключения абонентского ввода к открытой неавтоматизированной системе ГВС

Дросселирующие устройства 1, 2, устанавливаемые на систему отопления, должны подбираться на самый неблагоприятный режим работы. Самый неблагоприятный режим работы характеризуется следующими расчетными параметрами: $t_{1.р.}$, $t_{2.р.}$, $t_{3.р.}$, $t_{н.р.о.}$.

$t_{1.р.}$ – расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе, например, 150°C, 130°C;

$t_{2.р.}$ – расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе, 70°C;

$t_{3.р.}$ – расчетная температура теплоносителя на систему отопления, например, 95°C;

$t_{н.р.о.}$ – температура наружного воздуха расчетная на отопление, например, -30°С.

При этом подающий трубопровод тепловой сети должен быть нагружен максимальным расходом сетевой воды. Максимальный расход сетевой воды при наличии вентиляционной нагрузки определяется по следующей формуле:

$$G_{\text{ход.}} = G_{\text{о.п.}} + G_{\text{вв.}} + G_{\text{в.п.}}$$

Расход воды на систему горячего водоснабжения определяется на точку излома температурного графика, при температуре воды в подающем трубопроводе, соответствующей 60°С. Отбор воды осуществляется из подающего трубопровода. При загрузке подающего трубопровода максимальным расходом сетевой воды располагаемый напор перед системой отопления будет минимальным, а значит и избыточный напор, который должно погасить дросселирующее устройство, тоже будет минимальным.

Дросселирующее устройство, для гашения избыточного напора на систему отопления, устанавливается, как правило, на подающем трубопроводе (1), если не нарушается одно из следующих условий:

1. Напор в обратном трубопроводе (после системы отопления) меньше высоты здания (опорожнение системы отопления).
2. Установленное перед системой отопления дросселирующее устройство приводит к вскипанию воды в подающем трубопроводе.

Если эти условия нарушаются, дросселирующее устройство будет установлено на обратном трубопроводе (2). В этом случае оно играет роль подпорного устройства. Однако, при установке дросселирующего устройства на обратном трубопроводе напор после дросселирующего устройства не должен превышать допустимого значения из условия прочности установленных приборов системы отопления здания, например, для чугунных радиаторов, 60 м. вод. ст. Если это условие будет нарушено, программное обеспечение автоматически подберет два дросселирующих устройства и поставит одно на подающем трубопроводе (1), другое - на обратном (2). При этом все ограничения должны быть соблюдены.

При наличии циркуляционного трубопровода и отборе воды на ГВС из подающего трубопровода устанавливается дросселирующее устройство (4), ограничивающее расход воды на циркуляцию. В случае отбора воды из обратного трубопровода дросселирующее устройство (4) должно шунтироваться байпасом. Подбор дросселирующего устройства (4) проводится на циркуляционный расход и напор, равный

располагаемому напору перед системой ГВС минус потери в системе ГВС, принимаемые равными 2-3 м. вод. ст. При возможном отборе воды на ГВС из обратного трубопровода подбирается дросселирующее устройство (3). Дросселирующее устройство (3) при центральном регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке подбирается на расчетный расход воды на отопление и потери напора, равные потерям в системе ГВС.

Необходимо удостовериться в том, что напор в трубопроводе, из которого происходит водоразбор, больше, чем сумма высоты здания и потерь напора в системе ГВС.

Подбор дросселирующих устройств можно производить как с учетом, так и без учета тепловых потерь в тепловой сети. При этом, расчетные расходы для подбора дросселирующих устройств определяются по следующим зависимостям:

а) без учета тепловых потерь:

$$G_{с.п.} = \frac{Q_{о.п.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.п.} - \tau_{2.п.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему отопления;

$$G_{зес.п.} = \frac{Q_{зес.п.}^{сп.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{зес.} - t_{хс.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему ГВС,

где $t_{зес.}$ – температура горячей воды на систему ГВС;

$t_{хс.}$ – температура холодной водопроводной воды;

$$G_{с.в.} = \frac{Q_{с.в.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.п.} - \tau_{2.с.п.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему вентиляции,

где $\tau_{2.с.п.}$ – расчетная температура сетевой воды после калорифера системы вентиляции;

б) с учетом тепловых потерь:

Рассчитываются потери тепла от источника до присоединенного узла, определяются фактические температуры теплоносителя на входе и выходе абонентского ввода:

$$G_{c.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.ф.} - \tau_{2.ф.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему отопления с учетом фактической температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах;

$$G_{zsc.p.} = \frac{Q_{zsc.}^{cp.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{zс.ф.} - t_{хс.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему ГВС с учетом фактической температуры горячей и холодной воды;

$$G_{c.в.} = \frac{Q_{c.в.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.ф.} - \tau_{2.в.ф.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему вентиляции с учетом фактической температуры сетевой воды на входе и на выходе из калорифера.

Подобраны все дросселирующие устройства на абонентском вводе. Однако, установка этих дроссельных устройств возможна после выполнения двух поверочных расчетов: первый - при максимальном отборе воды на ГВС из подающего трубопровода (текущая температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети 60-65°C и соответствующей ей температуре наружного воздуха), второй - при максимальном отборе воды на ГВС из обратного трубопровода (температура теплоносителя расчетная, например, $\tau_{1.p.} = 150^\circ\text{C}$ и $t_{н.p.o.} = -31^\circ\text{C}$), при этом дросселирующие устройства принимаются из наладки. В первом случае располагаемые напоры на потребителях будут минимальными, при этом проверяется, как поведет себя система отопления. Во втором случае располагаемый напор на потребителе будет максимальным. Выполняется проверка на возможность опорожнения системы отопления. В случае, когда система отопления какого-либо потребителя опорожняется, шайба, установленная на подающем трубопроводе, переносится на обратный. В этом случае она выполняет роль подпорной шайбы. После перестановки шайбы проверяется соблюдение всех условий, приведенных выше.

С установленным регулятором температуры на систему ГВС

Абонентский ввод имеет частично автоматизированный ИТП (без автоматических регулирующих устройств на отопление и с установленным на систему ГВС регулятором температуры). Регулятор температуры предназначен для автоматического регулирования температуры горячей воды, отбираемой на систему ГВС (устройство учитывается при проведении поверочных расчетов, при проведении наладочно-

го расчета регулятор температуры не рассматривается). Места возможной установки дросселирующих устройств показаны на рисунке 45.

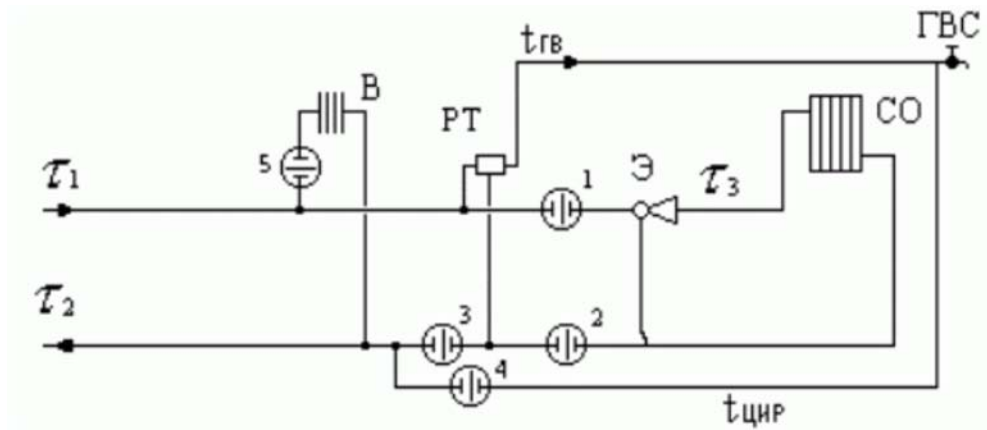


Рисунок 45 - Схема подключения абонентского ввода к открытой системе ГВС с установленным регулятором температуры.

Дросселирующие устройства (1), (2), устанавливаемые на систему отопления, должны подбираться на самый неблагоприятный режим работы. Самый неблагоприятный режим работы характеризуется следующими расчетными параметрами:

$\tau_{1.p.}$ – расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе, например, 150°C, 130°C;

$\tau_{2.p.}$ – расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе, 70°C;

$\tau_{3.p.}$ – расчетная температура теплоносителя на систему отопления, например, 95°C;

$t_{н.р.о.}$ – температура наружного воздуха расчетная на отопление, например, -31°C.

При этом подающий трубопровод тепловой сети должен быть нагружен максимальным расходом сетевой воды. Максимальный расход сетевой воды при наличии вентиляционной нагрузки определяется по следующей формуле:

$$G_{\text{ход.}} = G_{\text{о.п.}} + G_{\text{вс.}} + G_{\text{в.п.}}$$

Расход воды на систему горячего водоснабжения определяется на точку излома температурного графика, при температуре воды в подающем трубопроводе, соответствующей 60°C. Отбор воды осуществляется из подающего трубопровода. При загрузке подающего трубопровода максимальным расходом сетевой воды располагаемый напор перед системой отопления будет минимальным, а значит и избыточный напор, который должно погасить дросселирующее устройство, тоже будет ми-

нимальным. Дросселирующее устройство, для гашения избыточного напора на систему отопления, устанавливается, как правило, на подающем трубопроводе (1), если не нарушается одно из следующих условий:

1. Напор в обратном трубопроводе (после системы отопления) меньше высоты здания (опорожнение системы отопления).

2. Установленное перед системой отопления дросселирующее устройство приводит к вскипанию воды в подающем трубопроводе.

Если эти условия нарушаются, дросселирующее устройство устанавливается на обратном трубопроводе (2). В этом случае оно играет роль подпорного устройства. Однако, при установке дросселирующего устройства на обратном трубопроводе, напор после дросселирующего устройства не должен превышать допустимого значения из условия прочности установленных приборов системы отопления здания, например, для чугунных радиаторов 60 м. вод. ст. Если это условие нарушается, расчетный модуль автоматически подберет два дросселирующих устройства и поставит одно на подающем трубопроводе (1), другое - на обратном (2). При этом соблюдаются все ограничения.

При наличии циркуляционного трубопровода и отборе воды на ГВС из подающего трубопровода устанавливается дросселирующее устройство (4), ограничивающее расход воды на циркуляцию. В случае отбора воды из обратного трубопровода дросселирующее устройство (4) шунтируется байпасом. Подбор дросселирующего устройства (4) проводится на циркуляционный расход и напор, равный располагаемому напору перед системой ГВС минус потери в системе ГВС, принимаемые равными 2-3 м. вод. ст.

При возможном отборе воды на ГВС из обратного трубопровода подбирается дросселирующее устройство (3) и устанавливается между местом отбора воды на систему ГВС и местом подключения циркуляционного трубопровода (рисунок 50). Дросселирующее устройство (3) при центральном регулировании отпуска теплоты по отопительной нагрузке подбирается на расчетный расход воды на отопление и потери напора равные потерям в системе ГВС.

Необходимо иметь в виду, что напор в трубопроводе, из которого происходит водоразбор, должен быть больше суммы высоты здания и потерь напора в системе ГВС. Подбор дросселирующих устройств может производиться как с учетом, так и без учета тепловых потерь в тепловой сети. При этом расчетные расходы для подбора дросселирующих устройств определяются по следующим зависимостям:

а) без учета тепловых потерь

$$G_{c.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.p.} - \tau_{2.p.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему отопления;

$$G_{zbc.p.} = \frac{Q_{zbc.}^{cp.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{zbc.} - t_{xc.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему ГВС, где $t_{zbc.}$ – температура горячей воды на систему ГВС; $t_{xc.}$ – температура холодной водопроводной воды;

$$G_{c.c.} = \frac{Q_{c.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.p.} - \tau_{2.c.p.})}, \text{ Т/ч}$$

– расчетный расход теплоносителя на систему вентиляции,

где $\tau_{2.c.p.}$ – расчетная температура сетевой воды после калорифера системы вентиляции;

б) с учетом тепловых потерь

Рассчитываются потери тепла от источника до присоединенного узла, определяются фактические температуры теплоносителя на входе и выходе абонентского ввода.

$$G_{c.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.ф.} - \tau_{2.ф.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему отопления с учетом фактической температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах;

$$G_{zbc.p.} = \frac{Q_{zbc.}^{cp.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{zbc.ф.} - t_{xc.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему ГВС с учетом фактической температуры горячей и холодной воды;

$$G_{c.c.} = \frac{Q_{c.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.ф.} - \tau_{2.c.ф.})}, \text{ Т/ч}$$

– расход теплоносителя на систему вентиляции с учетом фактической температуры сетевой воды на входе и на выходе из калорифера;

Подобраны все дросселирующие устройства на абонентском вводе. Однако, устанавливать эти дроссельные устройства пока нельзя. Необходимо выполнить два

поверочных расчета, первый - при максимальном отборе воды на ГВС из подающего трубопровода (текущая температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети 60-65°C и соответствующей ей температуре наружного воздуха), второй - при максимальном отборе воды на ГВС из обратного трубопровода (температура теплоносителя расчетная, например $t_{1.p.} = 150^\circ\text{C}$ и $t_{н.р.о.} = -31^\circ\text{C}$), при этом дросселирующие устройства должны быть приняты из наладки.

В первом случае располагаемые напоры на потребителях будут минимальными, необходимо проверить, как поведет себя система отопления. Во втором случае располагаемый напор на потребителе будет максимальным. Необходима проверка на возможность опорожнения системы отопления. В случае, когда система отопления какого-либо потребителя будет опорожняться, необходимо шайбу, установленную на подающем трубопроводе, перенести на обратный. В данном случае она будет выполнять роль подпорной шайбы. После перестановки шайбы необходимо снова проверить соблюдение всех условий, приведенных выше.

5 Моделирование переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключения тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии

Моделирование переключений, выполняемых в тепловых сетях, осуществляется решением коммутационных задач, в результате решения которых возможно проведение анализа изменения режимов работы тепловых сетей из-за отключения задвижек или участков сети. В результате решения этих задач определяются объекты, попавшие под отключение. Результаты расчета отображаются на карте в виде тематической раскраски отключенных участков и потребителей и выводятся в отчет.

Объем воды в подающем и обратном трубопроводе

Суммируются объемы воды во всех попавших под отключение участках сети. Объем каждого участка вычисляется по формуле:

$$V_i = L_i \cdot D_i^2 \cdot \frac{\pi}{4}, \text{ м}^3$$

где, L_i - длина участка, м; D_i - диаметр подающего (обратного) трубопровода, м.

По каждому потребителю суммируются расчетные нагрузки:

- на отопление;
- на вентиляцию;
- на ГВС.

Объем внутренних систем теплоснабжения

Рассчитывается исходя из следующей зависимости:

$$V_{\text{сист}} = Q_{\text{сист}} \cdot \nu, \text{ м}^3$$

$Q_{\text{сист}}$ - расчетная тепловая нагрузка системы теплоснабжения, Гкал/ч;

V - удельный объем воды, принимаемый в зависимости от вида основного теплотребляющего оборудования, ($\text{м}^3 \cdot \text{ч}$)/Гкал.

Объем воды в системе отопления

Значения удельного объема воды (V) в системе отопления с радиаторами высотой 1000 мм при различных перепадах температур:

Перепад температур воды в системе теплотребления, °C						
	95-70	110-70	130-70	140-70	150-70	180-70
V	31	28.2	24.2	23.2	21.6	18.2

Объем воды в системе вентиляции

Значения удельного объема воды (V) в системе вентиляции при различных перепадах температур:

Перепад температур воды в системе теплотребления, °C						
	95-70	110-70	130-70	140-70	150-70	180-70
V	8.5	7.5	6.5	6	5.5	4.4

Объем воды в системе ГВС

Удельный объем воды (V) на заполнение местных систем горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения определяется из гидравлического расчета ($\text{м}^3 \cdot \text{ч}$)/Гкал.

Суммарный объем воды

Суммируются объем воды в подающем, обратном трубопроводе и объем воды внутренних систем теплотребления.

Запуск расчета

Запуска решения коммутационных задач осуществляется командой из главного меню Задачи/Коммутационные задачи (рисунок 46).

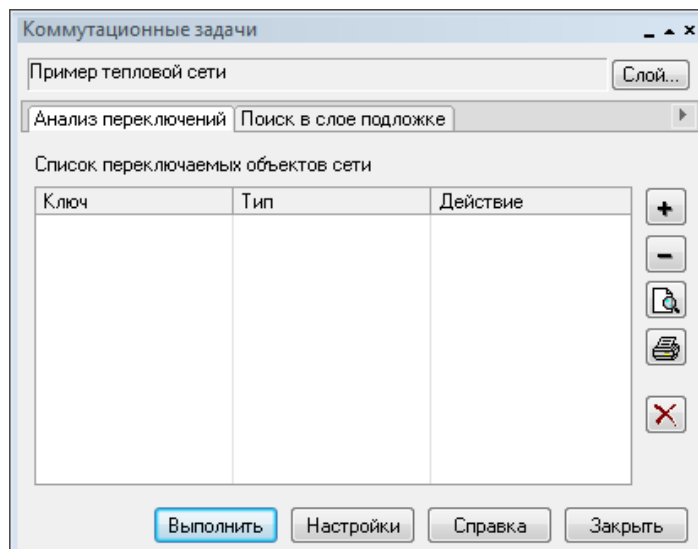


Рисунок 46 - Диалог «Коммутационные задачи»

При выборе «Слой...» в появившемся диалоговом окне выбирается слой тепловой сети (рисунок 47).

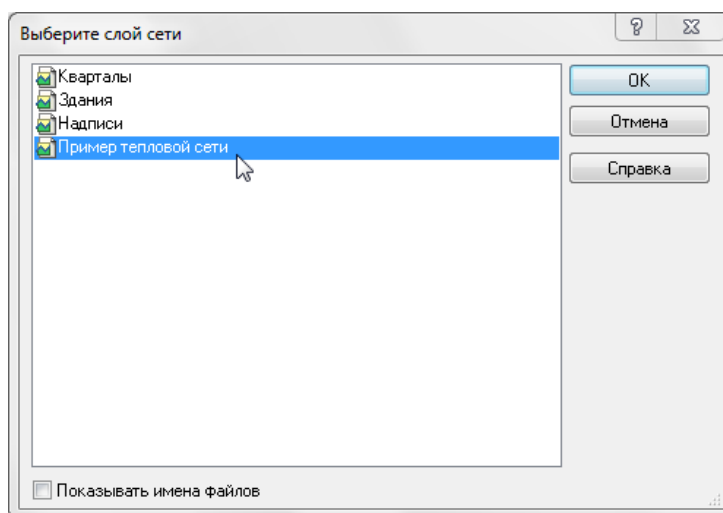


Рисунок 47 - Диалог выбора слоя

Далее проводится анализ переключений или поиск в слое-подложке.

Анализ переключений

При анализе переключений определяются объекты, которые попадают под отключения и включает в себя:

- вывод информации по отключенным объектам сети;
- расчет объемов внутренних систем теплоснабжения и нагрузок на системы теплоснабжения при данных изменениях в сети;
- отображение результатов расчета на карте в виде тематической раскраски;
- вывод табличных данных в отчет, с последующей возможностью их печати, экспорта в формат MS Excel или HTML.

Запуск анализа переключений

Запуск анализа переключений выполняется в следующем порядке:

1. Запускается решение «Коммутационных задач»;
2. Выполняется выбор «Анализа переключений»;
3. Выполняется вызов диалога настроек программы;
4. Выполняется выбор на карте запорного устройства (участка), для которого производится отключение. Выбранный объект добавляется в список переключаемых объектов сети (рисунки 48 и 49);

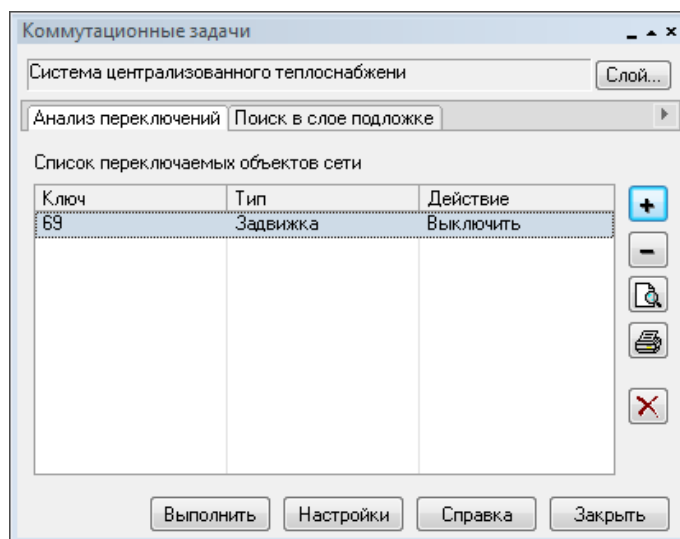


Рисунок 48 - Список переключаемых объектов

После выбора на карте автоматически отобразится в виде раскраски расчетная зона отключенных участков сети (рисунки 49).

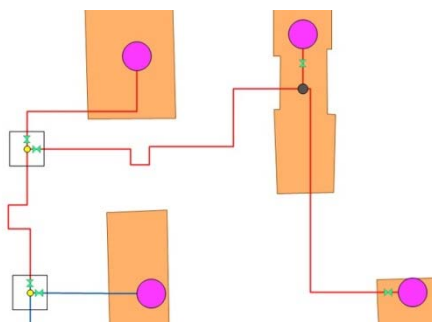


Рисунок 49 - Отображение отключений на карте

5. Выполняется выбор необходимого вида переключения (рисунок 50).

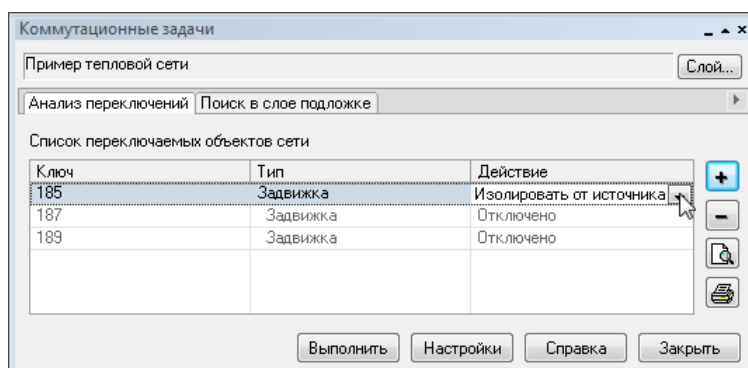


Рисунок 50 - Работа в окне «Коммутационные задачи»

Виды переключений:

- «Включить» - режим объекта устанавливается на «Включен»;
- «Выключить» - режим объекта устанавливается на «Выключен»;
- «Изолировать от источника» - режим объекта устанавливается на «Выключен». При этом автоматически добавляется в список и переводится в режим отключения вся изолирующая объект от источника запорная арматура;
- «Отключить от источника» - режим объекта устанавливается на «Выключен». При этом автоматически добавляется в список и переводится в режим отключения вся отключающая объект от источника запорная арматура.

7. Выполняется запуск («Выполнить») расчета коммутационной задачи. В результате выполнения задачи появится браузер «Просмотр результата», содержащий табличные данные результатов расчета (рисунок 51). Вкладки браузера содержат таблицы попавших под отключение объектов сети и итоговые значения результатов расчета.

Потребитель - Здания	Тепловая камера	Потребитель	Итоговые значения
Параметр	Значение		
Объем воды в подающем тр., куб.м	0.160339		
Объем воды в обратном тр., куб.м	0.160339		
Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.916000		
Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	0.000000		
Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	0.190100		
Объем воды в системе отопления, куб.м	19.785600		
Объем воды в системе вентиляции, куб.м	0.000000		
Объем воды в системе ГВС, куб.м	1.140600		
Суммарный объем воды, куб. м	21.246878		

Рисунок 51 - Окно результатов расчета

Далее осуществляется «Поиск в слое-подложке», который позволяет определить в заданном слое-подложке (обычно слой зданий) объекты, местоположение которых совпадает с местоположением потребителей в слое сети. Результаты поиска отображаются на карте в виде тематической раскраски объектов слоя-подложки и выводятся в отчет (рисунок 52 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

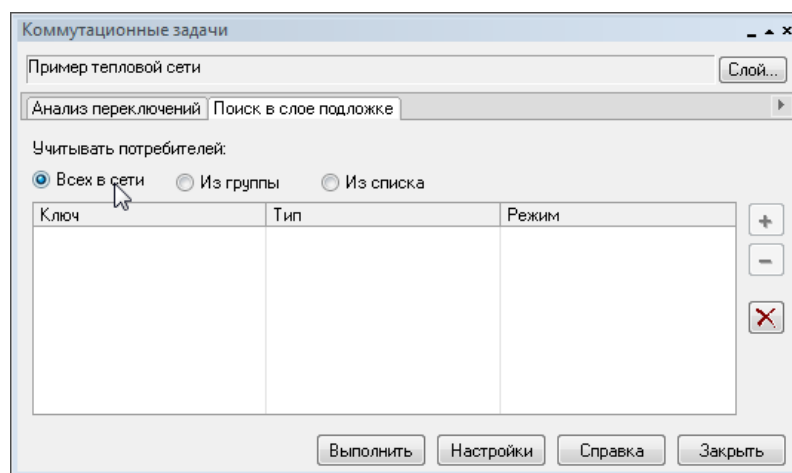


Рисунок 52 - Окно поиска слоя в подложке

Необходимые условия поиска:

- «Всех в сети» – осуществляется поиск всех потребителей в слое сети;
- «Из группы» – осуществляется поиск потребителей, входящих в текущую группу в слое сети;
- «Из списка» – осуществляется поиск потребителей, которые добавлены в список.

Необходимые настройки:

- выполняется вызов диалога «Настройки»:

- запускается выполнение «Коммутационных задач»;
- запускается выполнение «Настройки» (рисунок 53 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

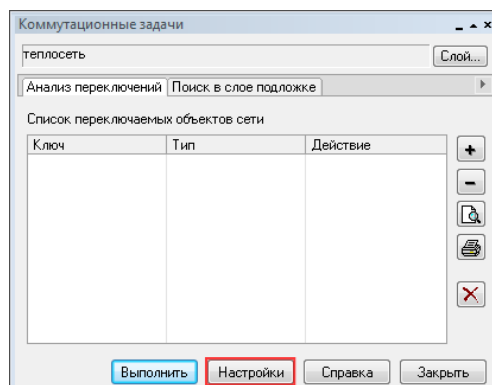


Рисунок 53 - Настройки коммутационных задач

Открывшийся диалог настроек имеет следующие вкладки:

- «Слой сети». Выбирается нужный слой и вид (Тепловая сеть) сети (рисунок 54 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**);

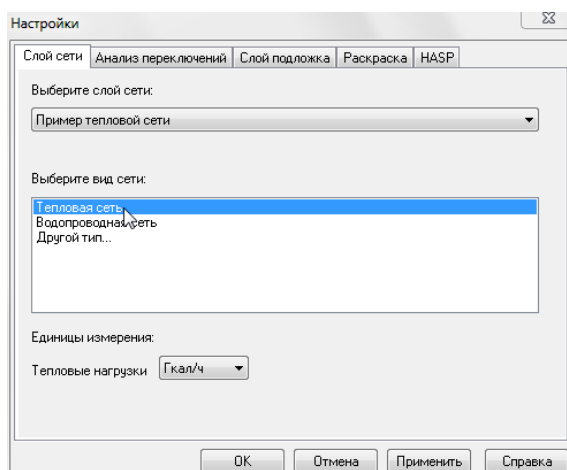


Рисунок 54 - Вкладка «Слой сети» диалога «Настройки»

- «Анализ переключений». В списке «Выберите типы объектов сети, участвующие в анализе» включается перечень всех типов элементов для выбранного слоя сети (рисунок 55).

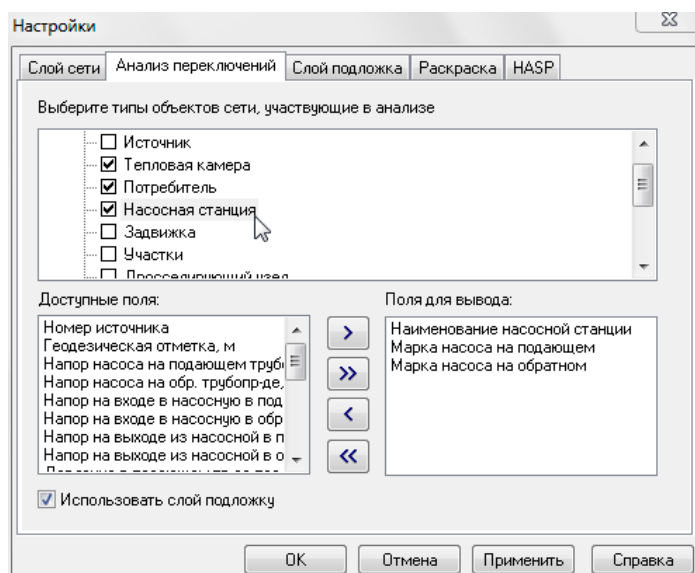


Рисунок 55 - Настройка анализа переключений

При выделении названия объекта в верхней части окна, в списке «Доступные поля» отображается список всех полей базы данных выбранного объекта, которые могут быть включены в отчет. В списке «Поля для вывода» отображается список полей, которые были выбраны для включения в отчет.

– «Слой подложка» (рисунок 56) - слой, в котором осуществляется поиск и раскраска объектов, попадающих под потребителей сети (слой зданий). Объекты выбранного слоя подложки раскрашиваются в зависимости от состояния потребителя изображенного на этом объекте (здания окрашиваются под выключенными потребителями (рисунок 57)).

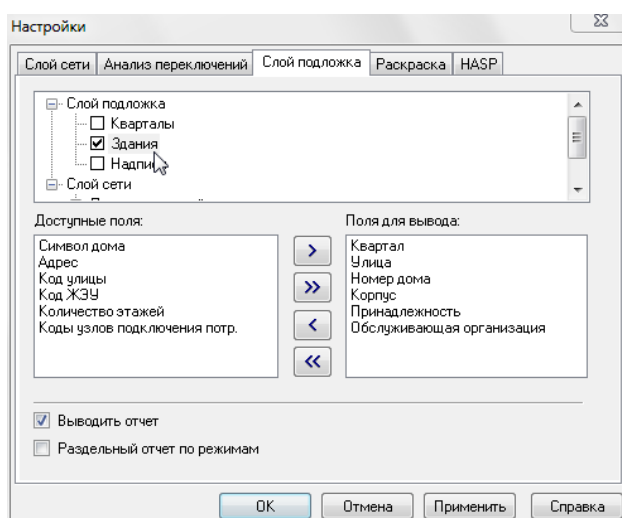


Рисунок 56 - Настройка слоя-подложки

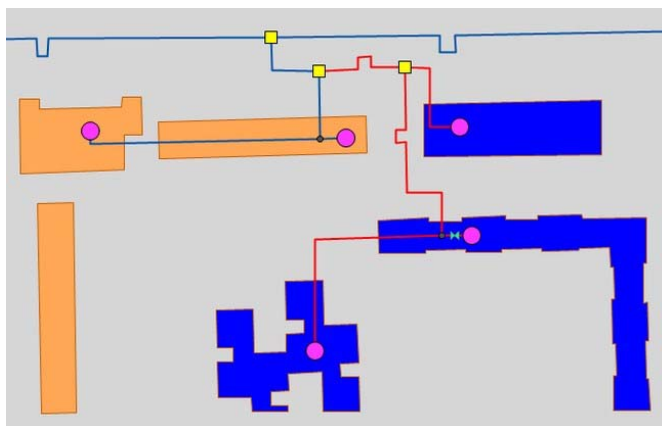


Рисунок 57 - Отображение отключений на тематической раскраске

В браузере «Просмотр результата» результаты поиска группируются в отдельные таблицы, в зависимости от режимов потребителей.

– «Раскраска» - раскраска слоя подложки по состоянию потребителей сети задаются стили и цвета заливки площадных объектов слоя подложки в зависимости от режима соответствующих потребителей (рисунок Рисунок 58). Заданный стиль для состояния используется при задании стиля и цвета заливки нужного режима (рисунок 59).

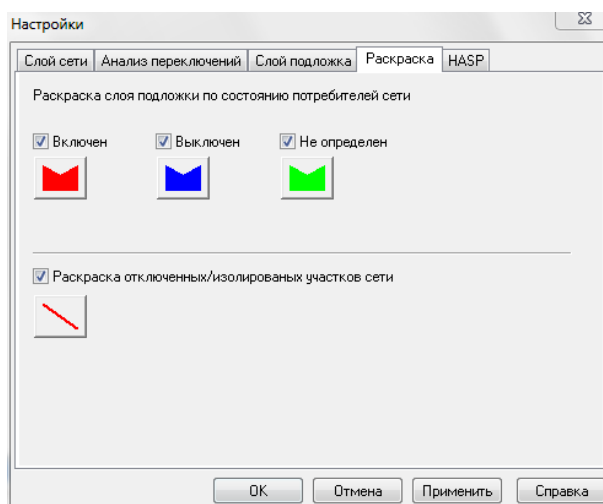


Рисунок 58 - Настройка раскраски слоя подложки

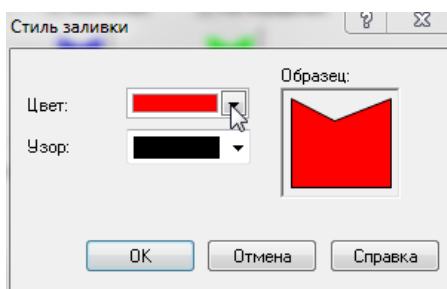


Рисунок 59 - Настройка раскраски площадных объектов

Режим «Не определен» соответствует ситуации, когда на один объект слоя подложки попадает несколько потребителей с разными режимами.

Работа со списком объектов

В список объектов добавляются объекты, выбираемые из активного слоя карты в следующем порядке:

1. На карте выделяется запорное устройство (участок), для которого будет производиться отключение;
2. Объект добавляется в список. При передвижении по списку, на карте автоматически выделяется соответствующий объект. Если объект не попадает в видимую область карты, то вид устанавливается таким образом, чтобы объект оказался в центре карты.
3. При выбранной вкладке «Анализ переключений» просматривается и распечатывается отчет по списку объектов. Поля для подготовки отчета выбираются из настроек соответствующего типа объекта сети (рисунок 60).

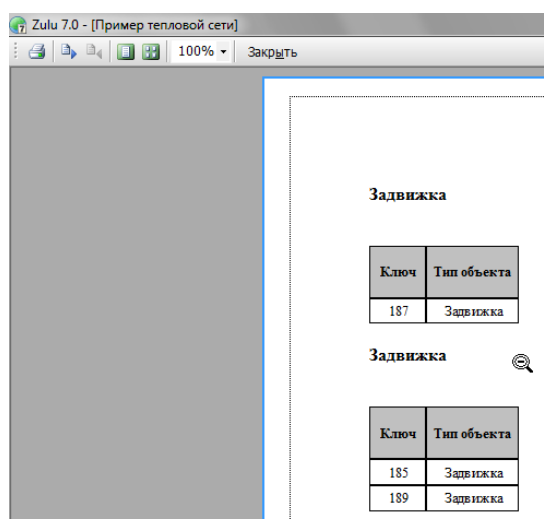
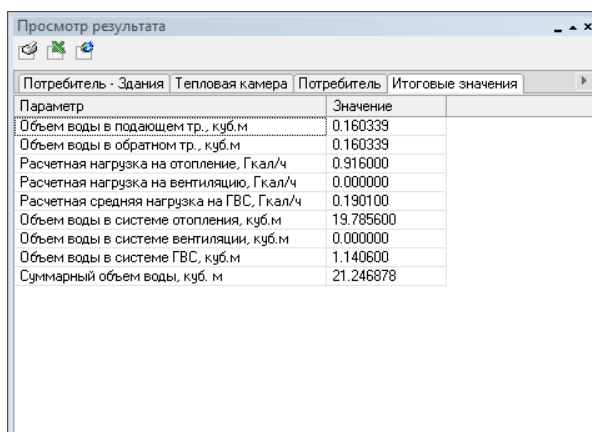


Рисунок 60 - Отчет по списку отключаемых объектов

Просмотр результатов расчета

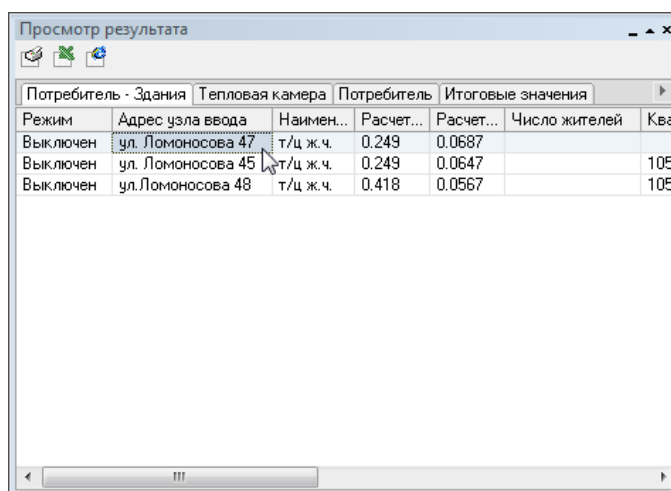
Вывод результатов анализа переключений осуществляется в окно, вкладки которого содержат таблицы попавших под отключение объектов сети и итоговые значения результатов расчета (рисунок 61).



Потребитель - Здания	Тепловая камера	Потребитель	Итоговые значения
Параметр	Значение		
Объем воды в подающем тр., куб.м	0.160339		
Объем воды в обратном тр., куб.м	0.160339		
Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.916000		
Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч	0.000000		
Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч	0.190100		
Объем воды в системе отопления, куб.м	19.785600		
Объем воды в системе вентиляции, куб.м	0.000000		
Объем воды в системе ГВС, куб.м	1.140600		
Суммарный объем воды, куб. м	21.246878		

Рисунок 61 - Окно результатов расчета

Окно «Просмотр результата» содержит табличные данные результатов расчета, а также таблицы попавших под отключения объектов (рисунок 62). При выделении записи в таблице, на карте автоматически выделяется соответствующий объект.



Потребитель - Здания	Тепловая камера	Потребитель	Итоговые значения			
Режим	Адрес узла ввода	Наимен...	Расчет...	Расчет...	Число жителей	Ква
Выключен	ул. Ломоносова 47	т/ц ж.ч.	0.249	0.0687		
Выключен	ул. Ломоносова 45	т/ц ж.ч.	0.249	0.0647		105
Выключен	ул. Ломоносова 48	т/ц ж.ч.	0.418	0.0567		105

Рисунок 62 - Поиск выключенного объекта на карте

6 Расчет балансов тепловой мощности и тепловой нагрузки по зонам действия источников тепловой энергии

Тепловая нагрузка по зонам действия источников тепловой энергии определяется в соответствии с данными, занесенными в электронную модель, а именно потребление тепловой энергии при расчетных температурах наружного воздуха может быть основано на анализе тепловых нагрузок потребителей, установленных в договорах теплоснабжения, договорах на поддержание резервной мощности, в долгосрочных договорах теплоснабжения, цена которых определяется по соглашению сторон, и долгосрочных договорах теплоснабжения, в отношении которых установлен долгосрочный тариф, с разбивкой тепловых нагрузок на максимальное потребление тепловой энергии на отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение и технологические нужды.

В базу данных электронной модели заносится информация по установленной, располагаемой тепловой мощности и тепловой мощности «нетто» источников тепловой энергии.

Указанные выше данные заносятся в электронную модель для существующего положения (1-й слой) и на перспективу до расчетного срока (2-й слой).

Для определения балансов тепловой мощности и тепловой нагрузки по зонам действия источников тепловой энергии выполняется следующая последовательность действий:

1. В электронной модели выделяется источник тепловой энергии (рисунок 63).
2. С помощью опции «Найти связанные» меню «Карта» вкладка «Топология» выделяются все подключенные к источнику тепловые сети и потребители (рисунок 64).
3. С помощью опции «Добавить в группу» (правая клавиша манипулятора) выделенные объекты тепловой сети объединяются в группу (рисунок 65).
4. С помощью опции «Информация» производится запрос по группе потребителей (рисунки 66, 67):
 - Сумма «Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/ч»;
 - Сумма «Расчетная средняя нагрузка на ГВС, Гкал/ч»;
 - Сумма «Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч».

5. В результате запроса определяется суммарная подключенная тепловая нагрузка к источнику тепловой энергии (рисунок 68).

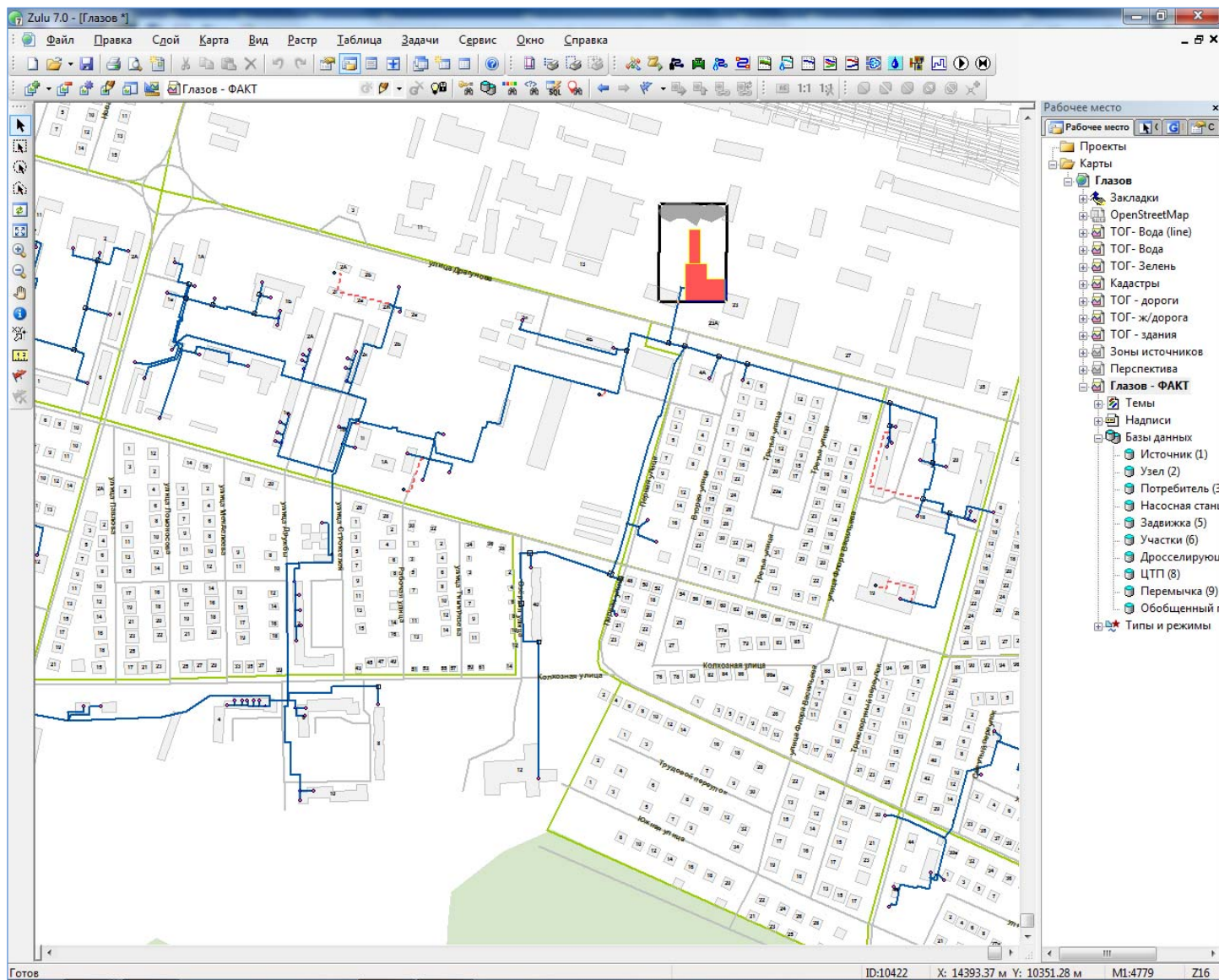


Рисунок 63 – Выбор и выделение источника тепловой энергии

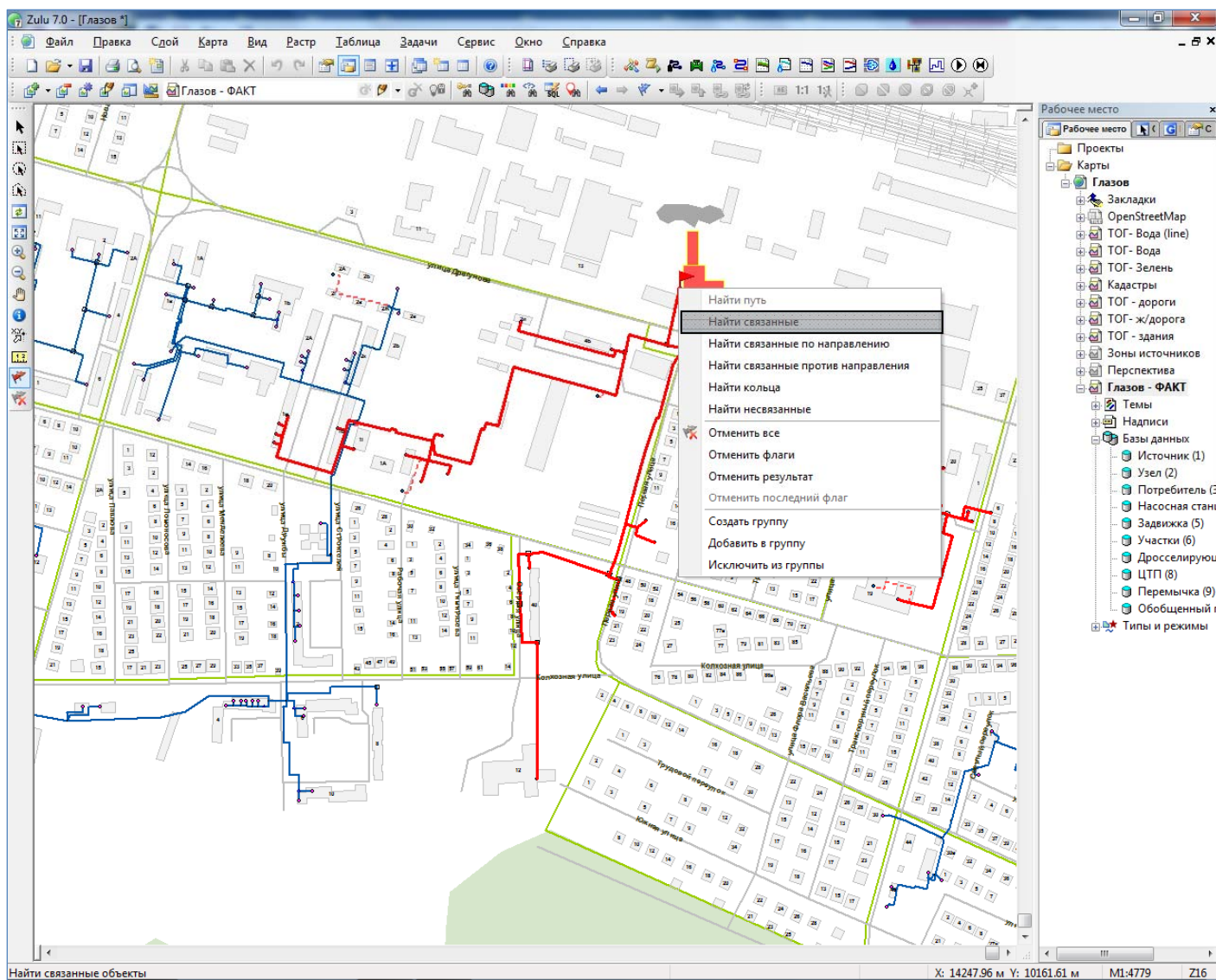
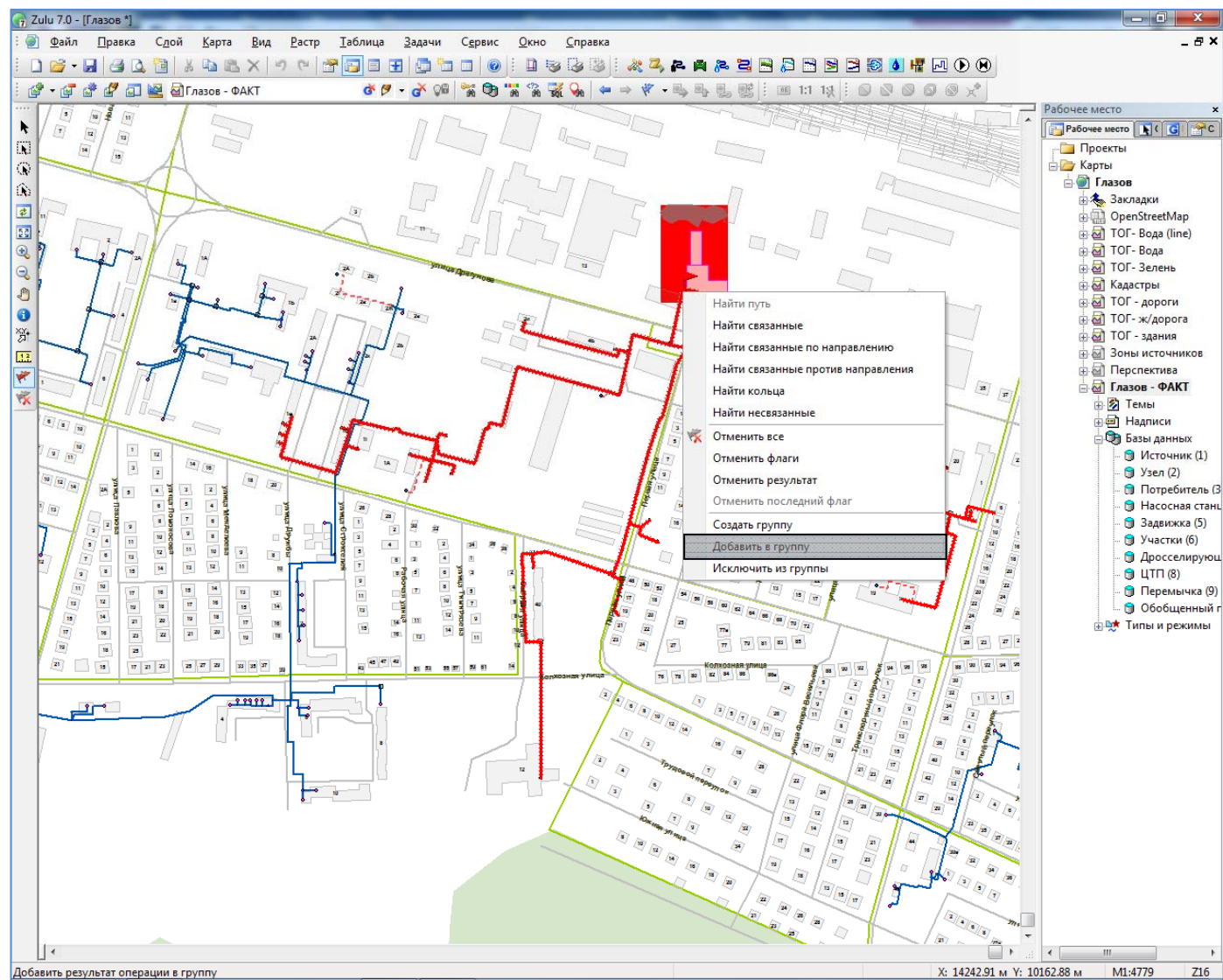


Рисунок 64 – Выделение присоединенных к источнику тепловых сетей и потребителей



Рисунок

65 – Объединение присоединенных к источнику тепловых сетей и потребителей в группу

The screenshot displays the Zulu 7.0 software interface. The main window shows a map of a residential area with a red heating network overlay. The map includes labels for streets: "улица Драгунова", "Первая улица", and "Вторая улица". A red shaded area on the map indicates a specific consumer location. The left sidebar contains a data table for the consumer, and the right sidebar shows a project tree.

Потребитель (Основной)

Текущая запись	Запрос	База	Ответ
Sys			10364
Адрес узла ввода			ул. Драгунова 2и
Наименование узла			зд. мнн "Семена"
Номер источника			4
Геодезическая отметка, м			0
Высота здания потребителя, м			6
Номер схемы подключения потребителя			4
Расчетная темп. сет. воды на входе в потреб., °C			105
Система отопления			
Расчетная нагрузка на отопление, Гк...			0.034
Коэффициент изменения нагрузки отопления			1
Признак наличия регулятора на отопление			Без регулятора
Расчетная темп. воды на выходе из СО, °C			70
Расчетная темп. воды на входе в СО, °C			105
Расчетная темп. внутреннего воздуха для С...			21
Расчетный располагаемый напор в СО, м			1
Максимальное давление в обратном трде н...			60
Независимое присоединение			
Количество секций ТО на СО			
Потери напора в 1-й секции ТО на СО, м			
Количество параллельных групп ТО на СО			
Расчетная темп.сет.воды на выходе из 1...			
Расчетная темп.сет.воды на выходе из по...			
Температура воды на выходе из 2 конту...			0
Рекомендуемый номер элеватора			0
Рекомендуемый диаметр сопла элеватора, ...			0
Расчетный коэффициент смешения			0
Фактический коэффициент смешения			0
Номер установленного элеватора			
Диаметр установленного сопла элеватора, ...			
Расход сетевой воды на СО, т/ч			0.9714
Относительный расход воды на СО			1
Относительное количество теплоты на СО			1
Температура воды на входе в СО, °C			105
Температура воды на выходе из СО, °C			70
Температура внутреннего воздуха СО, °C			21
Шайбы из наладки			
Диаметр шайбы на под. трде перед СО, мм			4.658
Количество шайб на под. трде перед СО, ...			1
Диаметр шайбы на обр. трде после СО, мм			0
Количество шайб на обр. трде после СО, ...			0
Потери напора на шайбе под.трда перед СО...			20.048
Потери напора на шайбе обр.трда после СО...			0
Фактические шайбы			
Диаметр установленной шайбы на под.тр...			
Количество установленных шайб на под.т...			
Диаметр установленной шайбы на обр.тр...			
Количество установленных шайб на обр.т...			
Расход сетевой воды на СО после наладки, ...			0.9714
Напор на регуляторе давления СО, м			1

Рисунок 66 – Вывод «Информации» по потребителю группы

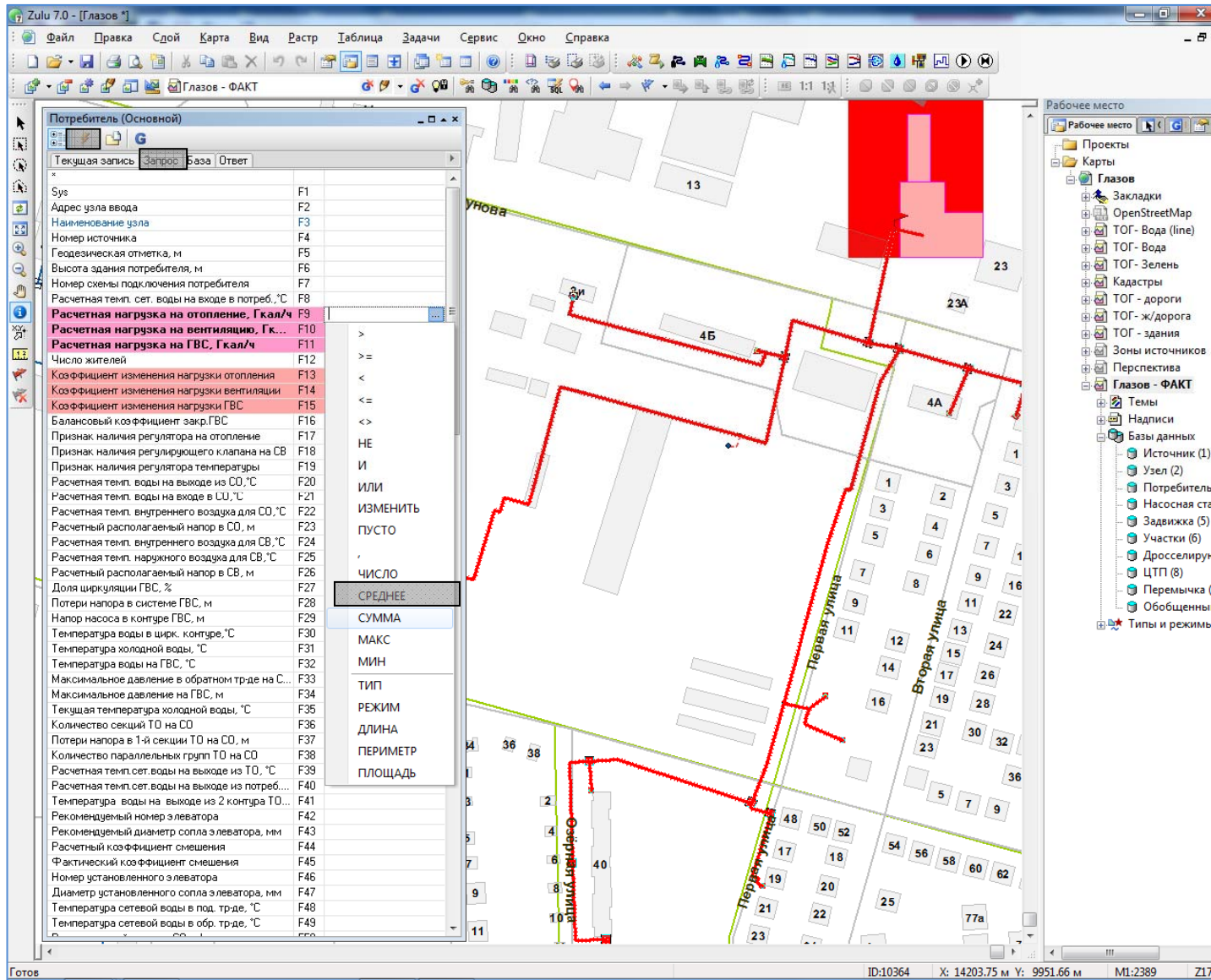


Рисунок 67 – Организация запроса по группе потребителей

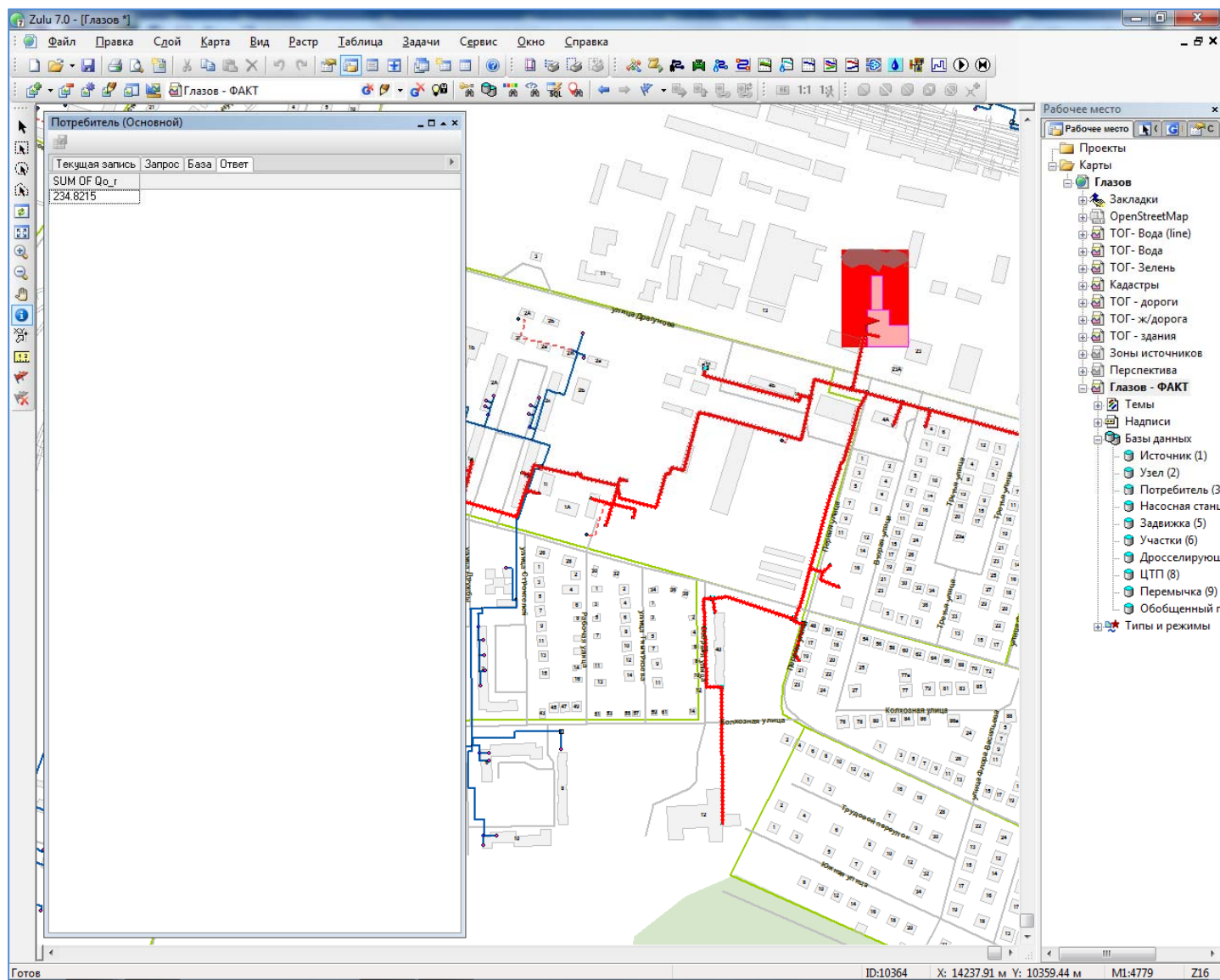


Рисунок 68 – Результат обработки запроса по группе потребителей

6. Результаты запроса заносятся в базу данных источника в соответствующие поля:
 - а. «Текущая нагрузка на отопление, Гкал/ч»
 - б. «Текущая нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч»
 - с. «Текущая нагрузка на ГВС, Гкал/ч».

Аналогично запросами обрабатываются результаты наладочного расчета тепловой сети от выделенного источника. Если расчет выполнялся с включенными опциями «С учетом утечек» и «С учетом тепловых потерь», то в поле «Тепловые потери в тепловых сетях, Гкал/ч» базы данных источника автоматически заносятся результаты расчета тепловых потерь.

7. После проведения описанных выше операций с электронной моделью для всех источников тепловой энергии формируется запрос к базе данных источников на выборку следующих данных:

- а. Наименование источника;
- б. Установленная мощность;
- с. Располагаемая мощность;
- д. Располагаемая мощность «нетто»;
- е. Текущая нагрузка на отопление;
- ф. Текущая нагрузка на вентиляцию;
- г. Текущая нагрузка на ГВС;
- h. Тепловые потери в тепловых сетях.

При необходимости результаты обработки запроса могут быть выгружены во внешние таблицы типа *.xls.

8. По каждому источнику определяется резерв (дефицит) располагаемой тепловой мощности «нетто» и присоединенной тепловой нагрузки с учетом тепловых потерь.

7 Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя

Определение нормируемых эксплуатационных часовых тепловых потерь производится на основании данных о конструктивных характеристиках всех участков тепловой сети (типе прокладки, виде тепловой изоляции, диаметре и длине трубопроводов и т.п.) при среднегодовых условиях работы тепловой сети исходя из норм тепловых потерь. Нормы тепловых потерь (плотность теплового потока) для участков тепловых сетей, вводимых в эксплуатацию, или запроектированных до 1988 года, а также для участков тепловых сетей, вводимых в эксплуатацию после монтажа, а также реконструкции или капитального ремонта, при которых производились работы по замене тепловой изоляции после 1988 года принимаются по специальным таблицам.

Определение часовых тепловых потерь при среднегодовых условиях работы тепловой сети по нормам тепловых потерь осуществляется отдельно для подземной и надземной прокладок по формулам:

для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q_{\text{норм.}}^{\text{ср.г.}} = \sum (q_{\text{норм.}} \cdot L \cdot \beta), \text{ ккал/ч} \quad (7.1)$$

для надземной прокладки отдельно по подающему и обратному трубопроводам:

$$Q_{\text{норм.п.}}^{\text{ср.г.}} = \sum (q_{\text{норм.п.}} \cdot L \cdot \beta), \text{ ккал/ч} \quad (7.2)$$

$$Q_{\text{норм.о.}}^{\text{ср.г.}} = \sum (q_{\text{норм.о.}} \cdot L \cdot \beta), \text{ ккал/ч} \quad (7.3)$$

$q_{\text{норм.}}$, $q_{\text{норм.п.}}$, $q_{\text{норм.о.}}$ - удельные (на один метр длины) часовые тепловые потери, определенные по нормам тепловых потерь для каждого диаметра трубопровода при среднегодовых условиях работы тепловой сети, для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам и отдельно для надземной прокладки, ккал/(м*ч);

L – длина трубопроводов на участке тепловой сети с диаметром d_n в двухтрубном исчислении при подземной прокладке и по подающей (обратной) линии при надземной прокладке, м;

β - коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери арматурой, компенсаторами, опорами. Принимается для подземной канальной и надземной прокладок равным 1,2 при диаметрах трубопроводов до 0,15 м и 1,15 при диаметрах 0,15 м и более, а также при всех диаметрах бесканальной прокладки.

Значения удельных часовых тепловых потерь принимаются по нормам тепловых потерь для тепловых сетей, тепловая изоляция которых выполнена в соответствии с нормативными требованиями, или по нормам тепловых потерь (нормы плотности теплового потока) для тепловых сетей с тепловой изоляцией.

Значения удельных часовых тепловых потерь при среднегодовой разности температур сетевой воды и окружающей среды (грунта или воздуха), отличающейся от значений, приведенных в нормах, определяются путем линейной интерполяции или экстраполяции.

Интерполируется среднегодовая температура воды в соответствующем трубопроводе тепловой сети или на разность среднегодовых температур воды и грунта для данной тепловой сети (или на разность среднегодовых температур воды в соответствующих линиях и окружающего воздуха для данной тепловой сети).

Среднегодовая температура окружающей среды определяется на основании средних за год температур наружного воздуха и грунта на уровне заложения трубопроводов, принимаемых по климатологическим справочникам или по данным метеорологической станции. Среднегодовые температуры воды в подающей и обратной линиях тепловой сети находятся как среднеарифметические из среднемесячных температур в соответствующих линиях за весь период работы сети в течение года. Среднемесячные температуры воды определяются по утвержденному эксплуатационному температурному графику при среднемесячной температуре наружного воздуха.

Для тепловых сетей с тепловой изоляцией удельные часовые тепловые потери определяются:

- для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам $q_{норм.}$ ккал/(м*ч) по формуле:

$$q_{\text{норм.}} = q_{\text{норм.}}^{T1} + (q_{\text{норм.}}^{T2} - q_{\text{норм.}}^{T1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}} - \Delta t_{\text{ср.}}^{T1}}{\Delta t_{\text{ср.}}^{T2} - \Delta t_{\text{ср.}}^{T1}} \quad (7.4)$$

где $q_{\text{норм.}}^{T1}$, $q_{\text{норм.}}^{T2}$ - удельные часовые тепловые потери суммарно по подающему и обратному трубопроводам каждого диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и большем, чем для данной сети) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта, ккал/(м*ч);

$\Delta t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}}$ - значение среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{\text{ср.}}^{T1}$, $\Delta t_{\text{ср.}}^{T2}$ - смежные (соответственно меньшее и большее, чем для данной сети) табличные значения среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта, °С.

Значение среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта $\Delta t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}}$ (°С) определяются по формуле:

$$\Delta t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}} = \frac{t_{\text{н.}}^{\text{ср.з.}} - t_{\text{о.}}^{\text{ср.з.}}}{2} - t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}} \quad (7.5)$$

где $t_{\text{н.}}^{\text{ср.з.}}$, $t_{\text{о.}}^{\text{ср.з.}}$ - среднегодовая температура сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах данной тепловой сети, °С;

$t_{\text{ср.}}^{\text{ср.з.}}$ - среднегодовая температура грунта на глубине заложения трубопроводов, °С;

Для надземной прокладки отдельно по подающему и обратному трубопроводам $q_{\text{норм.п.}}$, $q_{\text{норм.о.}}$, ккал/(м*ч), по формулам:

$$q_{\text{норм.п.}} = q_{\text{норм.п.}}^{T1} + (q_{\text{норм.п.}}^{T2} - q_{\text{норм.п.}}^{T1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{\text{ср.з.}} - \Delta t_{\text{ср.п.}}^{T1}}{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{T2} - \Delta t_{\text{ср.п.}}^{T1}} \quad (7.6)$$

$$q_{\text{норм.о.}} = q_{\text{норм.о.}}^{T1} + (q_{\text{норм.о.}}^{T2} - q_{\text{норм.о.}}^{T1}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ср.о.}}^{\text{ср.з.}} - \Delta t_{\text{ср.о.}}^{T1}}{\Delta t_{\text{ср.о.}}^{T2} - \Delta t_{\text{ср.о.}}^{T1}} \quad (7.7)$$

где $q_{\text{норм.п.}}^{T1}$, $q_{\text{норм.п.}}^{T2}$ - удельные часовые тепловые потери по подающему трубопроводу для данного диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и

большем) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и наружного воздуха, ккал/(м³ч);

$q_{норм.о.}^{T1}$, $q_{норм.о.}^{T2}$ - удельные часовые тепловые потери по обратному трубопроводу для данного диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и

большем) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и наружного воздуха, ккал/(м³ч);

$\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{\bar{n}o.a.}$, $\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{\bar{n}o.a.}$ - среднегодовая разность температур соответственно сетевой

воды в подающем и обратном трубопроводах и наружного воздуха для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{T1}$, $\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{T2}$ - смежные табличные значения (соответственно меньшее и

большее) среднегодовой разности температур сетевой воды в подающем трубопроводе и наружного воздуха, °С;

$\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{T1}$, $\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{T2}$ - смежные табличные значения (соответственно меньшее и

большее) среднегодовой разности температур сетевой воды в обратном трубопроводе и наружного воздуха, °С;

Среднегодовые значения разности температур для подающего $\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{\bar{n}o.a.}$ и обратного $\Delta t_{\bar{n}o.i.}^{\bar{n}o.a.}$ трубопроводов определяется как разность соответствующих среднегодовых температур сетевой воды $t_{н.}^{cp.e.}$, $t_{o.}^{cp.e.}$ и среднегодовой температуры наружного воздуха $t_{в.}^{cp.e.}$.

Определение часовых тепловых потерь тепловыми сетями, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии с нормами, принципиально не отличается от вышеприведенного. В то же время необходимо учитывать следующее:

- нормы приведены отдельно для тепловых сетей с числом часов работы в год более 5000, а также 5000 и менее;
- для подземной прокладки тепловых сетей нормы приведены отдельно для канальной и бесканальной прокладок;
- нормы приведены для абсолютных значений среднегодовых температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, а не для разности среднегодовых температур сетевой воды и окружающей среды;

- удельные тепловые потери для участков подземной канальной и бесканальной прокладок для каждого диаметра трубопровода находятся путем суммирования тепловых потерь, определенных по нормам отдельно для подающего и обратного трубопроводов.

Среднегодовое значение температуры сетевой воды $t_{n.}^{cp.z.}$, $t_{o.}^{cp.z.}$ определяется как среднее значение из ожидаемых среднемесячных значений температуры воды по принятому температурному графику регулирования отпуска теплоты, соответствующих ожидаемым значениям температуры наружного воздуха за весь период работы тепловой сети в течение года.

Ожидаемые среднемесячные значения температуры наружного воздуха и грунта определяются как средние значения из соответствующих статистических климатологических значений за последние 5 лет по данным местной метеорологической станции или по климатологическим справочникам.

Среднегодовое значение температуры грунта $t_{gp.}^{cp.z.}$ определяется как среднее значение из ожидаемых среднемесячных значений температуры грунта на глубине залегания трубопроводов.

Пример 1

Найти норму плотности теплового потока через поверхность изоляции подающего трубопровода при надземной прокладке на открытом воздухе при числе часов работы в год более 5000 ч. Условный диаметр подающего трубопровода 200 мм. Среднегодовая температура теплоносителя в подающем трубопроводе

тепловой сети $\Delta t_{\text{нд.г.}}^{\text{нд.г.}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

Значение нормы плотности теплового потока $q_{\text{норм.п.}}$ определяем путем интерполяции между табличными значениями норм плотности теплового потока для подающего трубопровода при разностях температур 50 и 100 $^\circ\text{C}$. В таблице 19

находим для трубопровода диаметром 200 мм $q_{\text{норм.п.}}^{T1} = 25,8 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$ при $\Delta t_{\text{нд.г.}}^{T1} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ и $q_{\text{норм.п.}}^{T2} = 45,58 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$ при $\Delta t_{\text{нд.г.}}^{T2} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Используя соответствующие значения среднегодовых температур теплоносителя и норм плотности теплового потока:

$$q_{\text{н.п.}} = 25,8 + (45,58 - 25,8) \cdot \frac{70 - 50}{100 - 50} = 33,712, \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$$

где $q_{\text{н.п.}}$ - норма плотности теплового потока для трубопровода диаметром 200 мм при среднегодовой температуре теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети $\Delta t_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;

$q_{\text{н.п.}}^{T2}$ - норма плотности теплового потока для подающего трубопровода диаметром 200 мм при среднегодовой температуре теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети $\Delta t_{\text{н.п.}}^{T2} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$;

$q_{\text{н.п.}}^{T1}$ - норма плотности теплового потока для подающего трубопровода диаметром 200 мм при среднегодовой температуре теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети $\Delta t_{\text{н.п.}}^{T1} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}}$ - среднегодовая температура теплоносителя в подающем трубопроводе данной тепловой сети $^\circ\text{C}$.

Пример 2

Найти суммарную норму плотности теплового потока через поверхность изоляции двухтрубной тепловой сети при подземной бесканальной прокладке и числе часов работы в год более 5000 ч. Условный диаметр подающего и обратного трубопровода 200 мм. Среднегодовая температура теплоносителя в подающем трубопроводе $\Delta t_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}} = 70^\circ\text{C}$, в обратном трубопроводе $\Delta t_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}} = 40^\circ\text{C}$

Суммарная норма плотности для подающего и обратного трубопровода тепловой сети со среднегодовыми температурами теплоносителя $\Delta t_{\text{н.п.}}^{T1} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ и

$$\Delta t_{\text{н.п.}}^{T1} = 50 \text{ }^\circ\text{C} \quad q_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}} = q_{\text{н.п.}} + q_{\text{н.п.}}^{\text{н.д.а.}} = 28,38 + 19,78 = 48,16 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$$

Суммарная норма плотности для подающего и обратного трубопровода тепловой сети со среднегодовыми температурами теплоносителя $\Delta t_{\text{под.г.}}^{T2} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\Delta t_{\text{под.г.}}^{T2} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_{\text{под.г.}}^{T2} = q_{\text{норм.п.}} + q_{\text{норм.о.}} = 42,14 + 16,34 = 58,48 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$.

Для определения суммарной нормы плотности теплового потока $q_{\text{норм. сум.}}$ интерполяция имеет вид:

$$q_{\text{норм. сум.}} = q_{\text{норм. сум.}}^{T1} + (q_{\text{норм. сум.}}^{T2} - q_{\text{норм. сум.}}^{T1}) \cdot \frac{\frac{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{\text{ср.г.}} + \Delta t_{\text{ср.о.}}^{\text{ср.г.}}}{2} - \frac{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{T1} + \Delta t_{\text{ср.о.}}^{T1}}{2}}{\frac{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{T2} + \Delta t_{\text{ср.о.}}^{T2}}{2} - \frac{\Delta t_{\text{ср.п.}}^{T1} + \Delta t_{\text{ср.о.}}^{T1}}{2}}, \quad (7.8)$$

Используя соответствующие значения среднегодовых температур теплоносителя и норм плотности теплового потока:

$$q_{\text{норм. сум.}} = 48,16 + (58,48 - 48,16) \cdot \frac{\frac{70 + 40}{2} - \frac{65 + 50}{2}}{\frac{90 + 50}{2} - \frac{65 + 50}{2}} = 46,096, \text{ Ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м})$$

Нормируемые эксплуатационные часовые тепловые потери при среднемесячных условиях работы тепловой сети (или средних условиях работы за период) определяются:

для участков подземной прокладки суммарно по подающему и обратному

трубопроводам $Q_{\text{под.}}^{\text{ср.м. (период)}}$, Гкал/ч по формуле:

$$Q_{\text{под.}}^{\text{ср.м. (период)}} = Q_{\text{норм.}}^{\text{ср.г.}} \cdot \frac{t_{\text{н.}}^{\text{ср.м. (период)}} + t_{\text{о.}}^{\text{ср.м. (период)}} - 2 \cdot t_{\text{ср.}}^{\text{ср.м. (период)}}}{t_{\text{н.}}^{\text{ср.г.}} + t_{\text{о.}}^{\text{ср.г.}} - 2 \cdot t_{\text{ср.}}^{\text{ср.г.}}}, \text{ Гкал/ч} \quad (7.9)$$

Нормативное, часовое значение тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию подающих $Q_{\text{под.п.}}$ и обратных $Q_{\text{под.о.}}$ трубопроводов тепловой сети при подземной прокладке допускается определять по формулам:

$$Q_{\text{под.п.}} = 0,7 \cdot Q_{\text{под.}}^{\text{ср.м. (период)}}, \text{ Гкал/ч} \quad (7.10)$$

$$Q_{\text{под.о.}} = 0,3 \cdot Q_{\text{под.}}^{\text{ср.м. (период)}}, \text{ Гкал/ч} \quad (7.11)$$

для участков наземной прокладки отдельно по подающему $Q_{\text{над.п.}}^{\text{ср.м. (период)}}$ и обратному трубопроводам $Q_{\text{над.о.}}^{\text{ср.м. (период)}}$ Гкал/ч по формулам:

$$Q_{\text{над.п.}}^{\text{ср.м. (период)}} = Q_{\text{норм.п.}}^{\text{ср.г.}} \cdot \frac{t_{\text{п.}}^{\text{ср.м. (период)}} - t_{\text{в.}}^{\text{ср.м. (период)}}}{t_{\text{п.}}^{\text{ср.г.}} - t_{\text{в.}}^{\text{ср.г.}}}, \text{ Гкал/ч} \quad (7.12)$$

$$Q_{\text{над.о.}}^{\text{ср.м. (период)}} = Q_{\text{норм.о.}}^{\text{ср.г.}} \cdot \frac{t_{\text{о.}}^{\text{ср.м. (период)}} - t_{\text{в.}}^{\text{ср.м. (период)}}}{t_{\text{о.}}^{\text{ср.г.}} - t_{\text{в.}}^{\text{ср.г.}}}, \text{ Гкал/ч} \quad (7.13)$$

$t_{\text{п.}}^{\text{ср.м. (период)}}$, $t_{\text{о.}}^{\text{ср.м. (период)}}$ - ожидаемые среднемесячные (или средние за период) значения температур сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети по температурному графику, °С;

$t_{\text{гр.}}^{\text{ср.м. (период)}}$, $t_{\text{в.}}^{\text{ср.м. (период)}}$ - ожидаемые среднемесячные (или средние за период) температуры соответственно грунта на глубине заложения трубопроводов и наружного воздуха, °С.

8 Расчет показателей надежности теплоснабжения

1. Цель расчета

Целью расчета является оценка способности действующих и проектируемых тепловых сетей надежно обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения каждого потребителя.

Оценка надежности тепловых сетей осуществляется по результатам сравнения расчетного значения интегрального показателя надежности тепловой сети с нормированным (по СНиП 41-02-2003) значением вероятности безотказной работы тепловых сетей.

2. Описание и методика выполнения расчета

Расчет надежности тепловых сетей - условный расчетный прием, позволяющий оценить соответствие получаемых в результате расчета численных значений показателей надежности нормативным требованиям.

2.1. Расчет показателей надежности распределительных тепловых сетей

2.1.1 Принятые допущения

- 1) В расчете надежности тепловых сетей (ТС) распределение потока отказов принято простым пуассоновским.
- 2) Так как в действующих ТС вероятность одновременного возникновения двух отказов на три — четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа, то вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается.
- 3) Исправное состояние ТС и состояние отказа участков ТС описываются графом состояний, в котором переход ТС из исправного состояния в состояние отказа происходит при отказе одного любого элемента ТС. При расчете показателей надежности обратный перевод ТС из состояния отказа в исправное состояние не производится.
- 4) Каждое состояние ТС характеризуется часовым расходом тепловой энергии потребителями, который является расчетным показателем качества функционирования ТС и определяются нагрузочной характеристикой системы теплоснабжения без расчета потокораспределения. Этот расход зависит от текущего состояния ТС и численно характеризует

полноту выполнения тепловыми сетями своих функций. В различных состояниях ТС отключается различное число потребителей. При этом суммарная недопоставка тепловой энергии этим потребителям определяет значение показателя качества. Так как вектор состояния ТС изменяется случайным образом, то численное значение показателя качества функционирования системы рассчитывается как математическое ожидание случайной величины (качества функционирования ТС) за расчетное время.

- 5) По принятым в ZuluTermo правилам отключения участков теплопроводов, при анализе последствий отказов на участках ТС, считается возможным отключение любого участка (элемента) тепловой сети при его переводе в состояние отказа.
- 6) В этом варианте методики расчета используется численное значение интенсивности отказов 1 км участка тепловой сети в течение часа λ_0 , принятое по данным ВНИПИЭнергопром, равным $1,0 \cdot 10^{-5}$, 1/(км·ч). В связи с этим при расчете параметра потока отказов i -го участка (элемента) тепловой сети не учитывается длина обратной линии теплопровода. Считается что такое значение интенсивности отказов 1 км участка тепловой сети в течение часа характерно для участка тепловой сети с учетом длины как подающего, так и обратного теплопровода.

2.1.2 Основные расчетные зависимости

Все принятые допущения в описании переходов ТС из работоспособного состояния в состояние отказа с вероятностью ωdt учтены в расчетном выражении показателя надежности $R_{ст}(t)$, полученного интегрированием дифференциальных уравнений состояния ТС (по Колмогорову):

$$R_{ст}(t) = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{\Delta Q_i}{Q_0} \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i} (1 - e^{-\sum \omega_i t}), \quad (8.1)$$

где ω_i - параметр потока отказов i -го участка (элемента) тепловой сети;

N — число участков (элементов);

ΔQ_i — расчетная тепловая мощность, которая отключается от тепловой сети при отказе i -го участка (элемента) тепловой сети;

Q_0 — тепловая мощность источника;

t — продолжительность отопительного периода.

При этом сумма $\sum_1^N \omega_i$ характеризует общее количество отказов в тепловой сети за год, а $\sum_1^N \Delta Q_i \omega_i$ — отключаемую тепловую мощность в зависимости от частоты отказов участков (элементов) сети за год.

Параметр потока отказов i -го участка (элемента) тепловой сети:

$$\omega_i = \lambda_i \cdot L_i \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч}). \quad (8.2)$$

где λ_i — интенсивность отказов i -го участка (элемента) тепловой сети, $1/(\text{км} \cdot \text{ч})$;

L_i — длина i -го участка тепловой сети, км;

$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$ — сумма относительных долей отказов i -го участка (элемента) тепловой сети, способных привести к снижению температуры в зданиях потребителей.

Интенсивность отказов i -го участка (элемента) тепловой сети:

$$\lambda_i(t) = \lambda_0 \cdot (0,1 \cdot \tau_i^{\text{сэ}})^{\alpha_i - 1}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч}) \quad (8.3)$$

где λ_0 — интенсивность отказов 1 км участка тепловой сети в течение часа, $1/(\text{км} \cdot \text{ч})$;

$\tau_i^{\text{сэ}}$ — продолжительность эксплуатации i -го участка тепловой сети, лет;

α_i — коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации $\tau_i^{\text{сэ}}$ i -го участка тепловой сети:

$$\alpha_i = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau_i^{\text{сэ}} \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau_i^{\text{сэ}} \leq 17 \\ 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau_i^{\text{сэ}}}{20}\right)} & \text{при } \tau_i^{\text{сэ}} > 17 \end{cases} \quad (8.4)$$

Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей:

$$\bar{z}_{i,j} = \left(1 - \frac{z_{i,j}}{z_k^p}\right) \cdot \tau_j^H, \text{ отн. ед.} \quad (8.5)$$

где $j = 1, \dots, N - j$ - я температура наружного воздуха;

$z_{i,j}$ - время снижения температуры воздуха в зданиях i -го типа при отказах участков тепловой сети при j -х температурах наружного воздуха,

z_k^p – среднее время до восстановления участков тепловой сети k -го диаметра после отказов;

τ_j^H – средняя продолжительность j -го диапазона температур наружного воздуха, ч.

Время снижения температуры $z_{i,j}$ в зданиях i -го типа при отказах участков тепловой сети в периоды действия низких температур наружного воздуха j -го диапазона:

$$z_{i,j} = \beta_i \cdot \ln \left(\frac{t_i^B - t_j^H}{t_{i,min}^B - t_j^H} \right), \text{ ч,} \quad (8.6)$$

где β_i - коэффициент тепловой аккумуляции здания i - го типа, ч;

t_i^B – температура воздуха в здании i - го типа, °С;

t_j^H – температура наружного воздуха j – го диапазона, °С;

$t_{i,min}^B$ - минимально допустимая температура воздуха в зданиях i -го типа, °С.

Среднее время до восстановления участков тепловой сети k -го диаметра после отказов:

$$z_k^p = a \cdot [1 + (b + c \cdot L_{сз}) \cdot d_k^{0,2}], \text{ ч,} \quad (8.7)$$

где a, b, c - коэффициенты, учитывающие способ укладки теплопровода (подземный, надземный) и уровень организации ремонтных работ;

$L_{сз}$ - расстояние между секционирующими задвижками, м;

d_k – k -й диаметр теплопровода, м.

Среднее значение отключаемой расчетной мощности:

$$\Delta Q_{ср} = \frac{\sum_1^N \Delta Q_i \omega_i}{\sum_1^N \omega_i}, \text{ МВт.} \quad (8.8)$$

Математическое ожидание отключаемой мощности $M\Delta Q_i$ учитывает вероятность перехода ТС в состояние отказа (т.е. время безотказной работы) в течение отопительного периода t :

$$M\Delta Q_i = \frac{\sum_1^N \Delta Q_i \omega_i}{\sum_1^N \omega_i} (1 - e^{-\sum \omega_i t}), \text{ МВт.} \quad (8.9)$$

Интегральный показатель надежности ТС:

$$R_{ср}(t) = 1 - \frac{M\Delta Q_i}{Q_0}. \quad (8.10)$$

Среднее значение вероятности отказа ТС в отопительном периоде t :

$$F(t) = 1 - e^{-\sum_1^N \omega_i t}. \quad (8.11)$$

Вероятность безотказной работы тупикового ответвления ТС каждого потребителя p_i характеризует надежность теплоснабжения конкретного потребителя при отказах участков (элементов) ТС. Показатель p_i определяется значением суммы параметров потоков отказов $\sum \omega_i$ всех последовательно соединенных элементов линии тупикового ответвления:

$$p_i = e^{-\sum \omega_i t}. \quad (8.12)$$

где $\sum \omega_i$ - сумма параметров потока отказов всех участков (элементов) тупикового ответвления к i – му потребителю.

2.1.3 Порядок расчета показателей надежности нерезервированной распределительной тепловой сети

Расчет показателей надежности нерезервированной тупиковой разветвленной сети производится в следующем порядке:

1. Рассчитываются параметры потока отказов всех участков (элементов) ТС:
 - по выражениям (8.3) и (8.4) в зависимости от продолжительности эксплуатации τ_i^{cs} и длины каждого участка тепловой сети рассчитывается интенсивность отказов каждого участка тепловой сети $\lambda_i(t)$;
 - по выражениям (8.5), (8.6) и (8.7) в зависимости от характеристик участка тепловой сети, а также характеристик зданий потребителей и температур наружного воздуха (характерных для отопительных периодов конкретного географического района), для каждого участка тепловой сети рассчитывается относительная доля отказов $\bar{z}_{i,j}$, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей;
 - по выражению (8.2), учитывая длину участка тепловой сети (l_i), сумму относительных долей отказов, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, для каждого участка тепловой сети рассчитывается параметр потока отказов ω_i ;
 - для задвижек параметр потока отказов ω_i^3 определяется в зависимости от их типа;
2. Рассчитывается сумма параметров потока отказов всех элементов тепловой сети за год $\sum_1^N \omega_i$.
3. Выполняется анализ последствий отказа каждого участка (элемента) ТС с определением количества недопоставленной в результате этого отказа потребителям тепловой энергии ΔQ_i . Задача по определению количества недопоставленной тепловой энергии является алгоритмической и решается путем проведения топологического анализа с проверкой гидравлической связанности (теплопроводами) потребителей с источниками теплоснабжения.
4. Рассчитывается среднее значение отключаемой расчетной мощности по выражению (8.8).
5. Рассчитывается среднее значение вероятности отказа тепловой сети за расчетное время по выражению (8.11).
6. Рассчитывается математическое ожидание отключаемой тепловой мощности в аварийных ситуациях по выражению (8.9).
7. Рассчитывается интегральный показатель надежности ТС по выражению (8.10).

8. Полученное значение интегрального показателя надежности ТС $R_{ст}(t)$ сравнивается с нормированным значением вероятности безотказной работы $P_{ТС}$ в соответствии с требованиями п. 6.28 СНиП 41 – 02 – 2003. Если значение интегрального показателя надежности меньше нормированного значения вероятности безотказной работы, то принимается решение о необходимости резервирования соответствующих участков (элементов) тепловой сети.

9. Рассчитывается вероятность безотказной работы тупикового ответвления ТС каждого потребителя p_i по выражению (8.12).

2.1.4 Пример расчета показателей надежности тупиковой распределительной тепловой сети

Исходные данные.

Схема тупиковой распределительной тепловой сети приведена на рисунке 1. Источник тепла — районная котельная тепловой мощностью 45 МВт. Потребителями теплоты являются здания № 5, 7, 8, 9, 10, 11 (рисунок 69) третьего типа (по МДС 41-6.2000). В таблице 16 приведены технические характеристики участков и элементов тепловой сети.

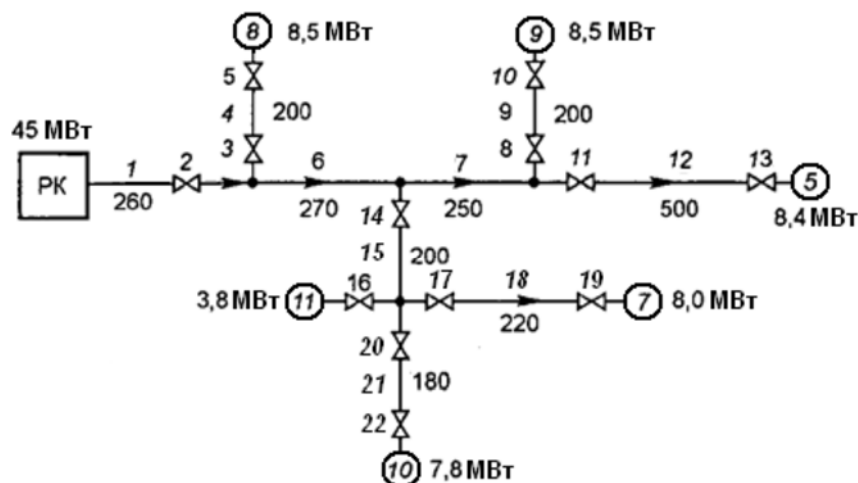


Рисунок 69. Схема тупиковой распределительной тепловой сети

1 — 22 номер участка (элемента) тепловой сети, МВт; в окружности — номер потребителя;
200, 260 ... — длина участка, м.

Таблица 16 - Технические характеристики участков и элементов тепловой сети

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации
	L_i				
	км		d_k	d_k	$\tau_i^{сэ}$
	подающий	обратный	м	м	лет
1	0.26	0.26	0.175	0.175	20
2	-	-	0.175	0.175	20
3	-	-	0.15	0.15	20
4	0.2	0.2	0.15	0.15	20
5	-	-	0.15	0.15	20
6	0.27	0.27	0.175	0.175	15
7	0.25	0.25	0.175	0.175	15
8	-	-	0.15	0.15	15
9	0.2	0.2	0.15	0.15	15
10	-	-	0.15	0.15	15
11	-	-	0.15	0.15	10
12	0.5	0.5	0.15	0.15	10
13	-	-	0.15	0.15	10
14	-	-	0.175	0.175	7
15	0.2	0.2	0.175	0.175	7
16	-	-	0.1	0.1	7
17	-	-	0.15	0.15	7
18	0.22	0.22	0.15	0.15	7
19	-	-	0.15	0.15	7
20	-	-	0.15	0.15	5
21	0.18	0.18	0.15	0.15	5
22	-	-	0.15	0.15	5

Интенсивность отказов:

- для 1 км теплопровода $\lambda_0 = 1,0 \cdot 10^{-5}, 1/(\text{км}\cdot\text{ч})$;

- для задвижки $\lambda_3 = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч}$.

Продолжительность отопительного периода: $t = 5064 \text{ ч} = 211 \text{ суток} = 0,578$

г.

Результаты расчета.

1. Параметры потока отказов участков (элементов)ТС

1.1 Интенсивность отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС:

Для участка № 1: $\lambda_1(t) = \lambda_0 \cdot (0,1 \cdot \tau_1^{cs})^{\alpha_1 - 1}$, 1/(км·ч).

Так как $\tau_1^{cs} = 20$ лет, то $\alpha_1 = 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau_1^{cs}}{20}\right)} = 0,5 \cdot e^{\left(\frac{20}{20}\right)} = 0,5 \cdot 2,71 = 1,355$.

Тогда $\lambda_1(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 20)^{1,355 - 1} = 1,28 \cdot 10^{-5}$, 1/(км·ч).

Для элемента № 2: $\lambda_2(t) = \lambda_3 = 2,28 \cdot 10^{-7}$, 1/ч.

·
·

Для участка № 6:

$\tau_6^{cs} = 15$ лет; $\alpha_6 = 1$; $\lambda_6(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 15)^{1,0 - 1} = 1,0 \cdot 10^{-5}$, 1/(км·ч).

·
·

Для участка № 21:

$\tau_{21}^{cs} = 5$ лет; $\alpha_{21} = 1$; $\lambda_{21}(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 5)^{1,0 - 1} = 1,0 \cdot 10^{-5}$, 1/(км·ч).

Для элемента № 22: $\lambda_{22}(t) = \lambda_3 = 2,28 \cdot 10^{-7}$, 1/ч.

Результаты расчета интенсивности отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Результаты расчета интенсивности отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС.

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации	Интенсивность отказов участка (элемента)				
	L_i						d_k	d_k	τ_i^{cs}	$\lambda_i(t)$
	км	км								
	подающий	обратный	м	м	лет	1/(км·ч)				
1	0.26	0.26	0.175	0.175	20	$1,28 \cdot 10^{-5}$				
2	-	-	0.175	0.175	20	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
3	-	-	0.15	0.15	20	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
4	0.2	0.2	0.15	0.15	20	$1,28 \cdot 10^{-5}$				
5	-	-	0.15	0.15	20	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
6	0.27	0.27	0.175	0.175	15	$1,0 \cdot 10^{-5}$				
7	0.25	0.25	0.175	0.175	15	$1,0 \cdot 10^{-5}$				
8	-	-	0.15	0.15	15	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
9	0.2	0.2	0.15	0.15	15	$1,0 \cdot 10^{-5}$				
10	-	-	0.15	0.15	15	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
11	-	-	0.15	0.15	10	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
12	0.5	0.5	0.15	0.15	10	$1,0 \cdot 10^{-5}$				
13	-	-	0.15	0.15	10	$2,28 \cdot 10^{-7}$				
14	-	-	0.175	0.175	7	$2,28 \cdot 10^{-7}$				

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации	Интенсивность отказов участка (элемента)
	L_i					
	км					
	подающий	обратный				
		d_k	d_k	$\tau_i^{ср}$	$\lambda_i(t)$	
		м	м	лет	1/(км·ч)	
15	0.2	0.2	0.175	0.175	7	$1.0 \cdot 10^{-5}$
16	-	-	0.1	0.1	7	$2.28 \cdot 10^{-7}$
17	-	-	0.15	0.15	7	$2.28 \cdot 10^{-7}$
18	0.22	0.22	0.15	0.15	7	$1.0 \cdot 10^{-5}$
19	-	-	0.15	0.15	7	$2.28 \cdot 10^{-7}$
20	-	-	0.15	0.15	5	$2.28 \cdot 10^{-7}$
21	0.18	0.18	0.15	0.15	5	$1.0 \cdot 10^{-5}$
22	-	-	0.15	0.15	5	$2.28 \cdot 10^{-7}$

1.2 Относительная доля отказов $\bar{z}_{i,j}$, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

1.2.1 Время снижения температуры воздуха в зданиях потребителей при полном их отключении от тепловой сети

Для различных типов зданий в МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации» установлены значения β_i , t_i^B и $t_{i_{min}}^B$, приведенные в таблице 18.

Таблица 18 - Значения β_i , t_i^B и $t_{i_{min}}^B$ в зависимости от типа здания

Тип здания потребителя	i	β_i	t_i^B	$t_{i_{min}}^B$
		ч	°C	°C
Панельный с толщиной стены 16 см	1	51	21	12
Панельный с толщиной стены 21 см	2	77	21	12
Железобетонный с толщиной стены 22 см	3	40	21	12
Кирпичный с толщиной стены 2,5 кирпича	4	100	21	12
Промышленные с толщиной стены 2 кирпича	5	25	16	8

Для зданий третьего типа $\beta_i = 40$, $t_i^B = 21, ^\circ\text{C}$ и $t_{i_{min}}^B = 12, ^\circ\text{C}$.

Для каждой температуры наружного воздуха j - го диапазона при условии полного отключения зданий от тепловой сети время снижения температуры воздуха определяется по выражению (8.6):

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^\circ\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5

$$z_{3,1} = \beta_3 \cdot \ln \left(\frac{t_3^B - t_1^H}{t_{3,min}^B - t_1^H} \right) = 40 \cdot \ln \left(\frac{21 - (-62,5)}{12 - (-62,5)} \right) = 40 \cdot 0,114 = 4,56, \text{ ч}$$

$$z_{3,2} = \beta_3 \cdot \ln \left(\frac{t_3^B - t_2^H}{t_{3,min}^B - t_2^H} \right) = 40 \cdot \ln \left(\frac{21 - (-57,5)}{12 - (-57,5)} \right) = 40 \cdot 0,122 = 4,87, \text{ ч}$$

·
·

$$z_{3,15} = \beta_3 \cdot \ln \left(\frac{t_3^B - t_{15}^H}{t_{3,min}^B - t_{15}^H} \right) = 40 \cdot \ln \left(\frac{21 - 7,5}{12 - 7,5} \right) = 40 \cdot 1,099 = 43,94, \text{ ч}$$

Результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях при условии их полного отключения от тепловой сети приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях третьего типа

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^\circ\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
Время снижения температуры воздуха в зданиях															
$Z_{3,j}, \text{ ч}$	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94

1.2.2 Среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов

Наиболее высокую статистическую значимость имеют результаты расчета среднего времени до восстановления участка тепловой сети за всю продолжительность его эксплуатации. Так, например, если на участке тепловой сети в течение эксплуатации возникло всего 5 отказов и время его восстановления после первого отказа составило 3,5 часа, после второго 2,5, после третьего - 4, после четвертого - 2, после пятого – 1 час, то суммарное время восстановления равно 13 часам. В этом случае среднее время до восстановления этого участка сети будет равно $13/5 = 2,6$ часа.

Если статистические данные о временах восстановления различных участков тепловых сетей не достаточно полны или отсутствуют вовсе, тогда среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов рассчитывается по выражению (8.7).

Для различных способов укладки теплопроводов (наружный, в канале), значения коэффициентов a , b , c (по данным ВНИПИЭнергопром) приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Значения постоянных коэффициентов a , b , c для различных способов укладки теплопроводов

Способ укладки теплопроводов	Значение коэффициентов		
	a	b	c
наружный	4.6	0.9	0.15
в канале (без канала)	8	0.5	1.5

Значения расстояний между секционирующими задвижками $L_{сз}$ считаются из соответствующей базы электронной модели схемы теплоснабжения. Если эти значения в базах модели не определены, тогда расчет выполняется по значениям, определенным СНиП 41 – 02 – 2003 «Тепловые сети» (п. 10.17):

$$L_{сз} = \begin{cases} \leq 1000 \text{ м при } d_k \geq 100 \text{ мм} \\ \leq 1500 \text{ м при } 400 < d_k \leq 500 \text{ мм} \\ \leq 3000 \text{ м при } d_k \geq 600 \text{ мм} \\ \leq 5000 \text{ м при } d_k \geq 900 \text{ мм} \end{cases}, \text{ м}$$

Среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов с наружным способом укладки при диаметрах секционирующих задвижек, указанных в таблице 1, определяется со значениями $a = 4,6$; $b = 0,9$; $c = 0,15 \text{ м}^{-1}$ и расстоянии между секционирующими задвижками $L_{сз} = 1 \text{ км}$:

$$z_1^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_1^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,175^{0,2}) = 8, \text{ ч}$$

$$z_2^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_2^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,175^{0,2}) = 8, \text{ ч}$$

⋮

$$z_{22}^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_{22}^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,15^{0,2}) = 7,9, \text{ ч.}$$

Результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов приведены в таблице 21.

Таблица 21 - Результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов			
	L_i					d_k , м	d_k , м	z_k^p ч
	км							
	подающий	обратный						
1	0.26	0.26	0.175	0.175	8.01			
2	-	-	0.175	0.175	8.01			
3	-	-	0.15	0.15	7.90			
4	0.2	0.2	0.15	0.15	7.90			
5	-	-	0.15	0.15	7.90			
6	0.27	0.27	0.175	0.175	8.01			
7	0.25	0.25	0.175	0.175	8.01			
8	-	-	0.15	0.15	7.90			
9	0.2	0.2	0.15	0.15	7.90			
10	-	-	0.15	0.15	7.90			
11	-	-	0.15	0.15	7.90			
12	0.5	0.5	0.15	0.15	7.90			
13	-	-	0.15	0.15	7.90			
14	-	-	0.175	0.175	8.01			
15	0.2	0.2	0.175	0.175	8.01			
16	-	-	0.1	0.1	7.65			
17	-	-	0.15	0.15	7.90			
18	0.22	0.22	0.15	0.15	7.90			
19	-	-	0.15	0.15	7.90			
20	-	-	0.15	0.15	7.90			
21	0.18	0.18	0.15	0.15	7.90			
22	-	-	0.15	0.15	7.90			

1.2.3. Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

Учитывая результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов, приведенные в таблице 21, а также результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях (при условии их полного отключения от тепловой сети), приведенные в таблице 4, при значениях средних продолжительностей действия температур наружного воздуха для географической зоны РФ, соответствующей положению г. Уфы (СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология»), по выражению (8.5) рассчитывается относительная доля отказов каждого участка тепловой сети:

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^\circ\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
Продолжительность действия температур наружного воздуха (г. Уфа)															
$\tau_1^H, \text{ч}$	0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
Время снижения температуры воздуха в зданиях															
$Z_{3,j}, \text{ч}$	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94

$$\bar{z}_{1,1} = \left(1 - \frac{z_{3,1}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_1^H = \left(1 - \frac{4,56}{8,01}\right) \cdot 0 = 0, \text{ отн. ед.}$$

$$\bar{z}_{1,2} = \left(1 - \frac{z_{3,2}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_2^H = \left(1 - \frac{4,87}{8,01}\right) \cdot 0 = 0, \text{ отн. ед.}$$

$$\bar{z}_{1,6} = \left(1 - \frac{z_{3,6}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_4^H = \left(1 - \frac{6,68}{8,01}\right) \cdot 5 = 0,83, \text{ отн. ед.}$$

$$\bar{z}_{1,15} = \left(1 - \frac{z_{3,15}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_{15}^H = \left(1 - \frac{43,94}{8,01}\right) \cdot 638 = -2862,88, \text{ отн. ед.}$$

Результаты расчета относительных долей отказов каждого участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Результаты расчета относительных долей отказов участков тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

№ участка (элемента)	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Диапазон температур наружного воздуха, $j, t_j^H, ^\circ\text{C}$														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
		Продолжительность действия температур наружного воздуха в г. Уфе, $\tau_1^H, \text{ч}$														
		0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
		Время снижения температуры воздуха в зданиях г. Уфы, $z_{3,j}, \text{ч}$														
		z_k^D	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66
ч	Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, $\bar{z}_{i,j}$															
1	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,6 6	1860,7 8	2862,8 8
2	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,6 6	1860,7 8	2862,8 8
3	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
4	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
5	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
6	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,6 6	1860,7 8	2862,8 8
7	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,6 6	1860,7 8	2862,8 8
8	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0	1895,6	2908,7

№ участка (элемента)	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Диапазон температур наружного воздуха, $j, t_j^H, ^\circ\text{C}$														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
		Продолжительность действия температур наружного воздуха в г. Уфе, $\tau_1^H, \text{ч}$														
		0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
		Время снижения температуры воздуха в зданиях г. Уфы, $z_{3,j}, \text{ч}$														
		z_k^p	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66
ч	Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, $\bar{z}_{i,j}$															
														0	0	1
9	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,00	1895,60	2908,71
10	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,00	1895,60	2908,71
11	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,00	1895,60	2908,71
12	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,00	1895,60	2908,71
13	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,00	1895,60	2908,71
14	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,66	1860,78	2862,88
15	8.01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	1356,66	1860,78	2862,88
16	7.65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,21	-8,54	-56,29	-207,74	-490,08	-933,69	1466,04	1986,30	3028,10
17	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	-	-	-

№ участка (элемента)	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Диапазон температур наружного воздуха, $j, t_j^H, ^\circ\text{C}$														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
		Продолжительность действия температур наружного воздуха в г. Уфе, $\tau_1^H, \text{ч}$														
		0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
		Время снижения температуры воздуха в зданиях г. Уфы, $z_{3,j}, \text{ч}$														
z_k^p	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94	
ч	Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, $\bar{z}_{i,j}$															
														1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
18	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
19	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
20	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
21	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1
22	7.90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	1387,0 0	1895,6 0	2908,7 1

1.2.4 Сумма относительных долей отказов, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

Так как к снижению температуры воздуха в зданиях потребителей приводят только те отказы, среднее время устранения которых превышает время снижения температуры воздуха в зданиях потребителей (т.е. $\frac{z_{i,j}}{z_k^p} < 1$), то при расчете суммы относительных долей отказов i - х участков тепловой сети $\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$ учитываются только те относительные доли, значения которых имеют положительные значения (в таблице 7 область этих значений выделена цветом):

$$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{1,j} = \bar{z}_{1,1} + \bar{z}_{1,2} + \dots + \bar{z}_{1,6} + \bar{z}_{1,7} = 0 + 0 + \dots + 0,83 + 2,64 = 3,47, \text{ отн. ед.}$$

.

.

$$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{22,j} = \bar{z}_{22,1} + \bar{z}_{22,2} + \dots + \bar{z}_{22,6} + \bar{z}_{22,7} = 0 + 0 + \dots + 0,77 + 2,24 = 3,02, \text{ отн. ед.}$$

Результаты расчета суммы относительных долей отказов i -х участков тепловой сети $\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$ приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Результаты расчета суммы относительных долей отказов

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстанов- ления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Сумма Относительных Долей отказов $\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$
	L_i					
	км					
	подающий	обратный			м	м
1	0.26	0.26	0.175	0.175	8.01	3,47
2	-	-	0.175	0.175	8.01	3,47
3	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
4	0.2	0.2	0.15	0.15	7.90	3,02
5	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
6	0.27	0.27	0.175	0.175	8.01	3,47
7	0.25	0.25	0.175	0.175	8.01	3,47
8	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
9	0.2	0.2	0.15	0.15	7.90	3,02

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстанов- ления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Сумма Относительных долей отказов
	L_i					
	км		м	м	z_k^p	$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$
	подающий	обратный				
10	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
11	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
12	0.5	0.5	0.15	0.15	7.90	3,02
13	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
14	-	-	0.175	0.175	8.01	3,47
15	0.2	0.2	0.175	0.175	8.01	3,47
16	-	-	0.1	0.1	7.65	1,84
17	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
18	0.22	0.22	0.15	0.15	7.90	3,02
19	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
20	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02
21	0.18	0.18	0.15	0.15	7.90	3,02
22	-	-	0.15	0.15	7.90	3,02

1.2.3 Параметр потока отказов i – го участка тепловой сети

Значение параметра потока отказов i – го участка (элемента) тепловой сети ω_i рассчитывается по выражению (8.2) с учетом длины участка (l_i) и суммы относительных долей отказов, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей:

$$\omega_1 = \lambda_1 \cdot L_1 \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{1,j} = 1,28 \cdot 10^{-5} \cdot 0,26 \cdot 3,47 = 1,157 \cdot 10^{-5}, 1/ч$$

$$\omega_2 = \lambda_2 \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{2,j} = 2,28 \cdot 10^{-7} \cdot 3,47 = 7,92 \cdot 10^{-7}, 1/ч$$

⋮

$$\omega_{21} = \lambda_{21} \cdot L_{21} \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{21,j} = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,18 \cdot 3,02 = 3,016 \cdot 10^{-5}, 1/ч$$

$$\omega_{22} = \lambda_{22} \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{22,j} = 2,28 \cdot 10^{-7} \cdot 3,02 = 6,89 \cdot 10^{-7}, 1/ч.$$

Результаты расчета параметров потока отказов по участкам (элементам) ТС приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Результаты расчета параметров потока отказов по участкам (элементам) ТС

№ участка (элемента)	Дли- на участ ка	Интенсивность отказов	Сумма относительных долей отказов	Параметр потока отказов участ- ка (элемента)	Пара- метр потока отказов участка (эле- мента)
	L_i	λ_i	$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$	ω_i	ω_i
	км	1/(км·ч), 1/ч	-	1/ч	1/год
1	0.26	$1.28 \cdot 10^{-5}$	3,47	0,000011566	0,10132 2
2	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,47	0,000000792	0,00693 7
3	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
4	0.2	$1.28 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,000007738	0,06778 2
5	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
6	0.27	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,47	0,000009364	0,08203 2
7	0.25	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,47	0,000008671	0,07595 6
8	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
9	0.2	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,000006033	0,05284 5
10	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
11	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
12	0.5	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,000015081	0,13211 2
13	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
14	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,47	0,000000792	0,00693 7
15	0.2	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,47	0,000006937	0,06076 4
16	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	1,84	0,000000420	0,00367 7
17	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
18	0.22	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,000006636	0,05812 9
19	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
20	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3
21	0.18	$1.0 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,000005429	0,04756
22	-	$2.28 \cdot 10^{-7}$	3,02	0,000000689	0,00603 3

2. Сумма параметров потока отказов в тепловой сети $\sum_1^N \omega_i$

$$\sum_{i=1}^N \omega_i = \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_{22} =$$

$$= 1,157 \cdot 10^{-5} + 7,92 \cdot 10^{-7} + \dots + 6,89 \cdot 10^{-7} = 8,63 \cdot 10^{-5}, 1/\text{ч} = 0,756, 1/\text{год}.$$

3. Результаты анализа последствий отказа каждого участка (элемента) ТС в виде недопоставленного (отключаемого) потребителям количества тепловой энергии ΔQ_i в результате этого отказа

Результаты анализа последствий отказа каждого участка (элемента) ТС с определением количества недопоставленной в результате этого отказа потребителям тепловой энергии ΔQ_i приведены в таблице 25. Задача по определению количества недопоставленной тепловой энергии решена путем проведения топологического анализа с проверкой гидравлической связанности (теплопроводами) потребителей с источниками теплоснабжения.

Таблица 25 - Количество не поставленной потребителям тепловой энергии ΔQ_i в результате отказа участка (элемента) ТС

№ участка (элемента)	Количество непоставленной (отключаемой) потребителям тепловой энергии	
	ΔQ_i	МВт
1	45	
2	45	
3	8.5	
4	8.5	
5	8.5	
6	36.5	
7	16.9	
8	8.5	
9	8.5	
10	8.5	
11	8.4	
12	8.4	
13	8.4	
14	19.6	
15	19.6	
16	3.8	
17	8	
18	8	
19	8	
20	7.8	
21	7.8	
22	7.8	

4. Среднее значение отключаемой расчетной мощности:

$$\Delta Q_{\text{cp}} = \frac{\sum_1^N \Delta Q_i \omega_i}{\sum_1^N \omega_i} = \frac{\Delta Q_1 \omega_1 + \Delta Q_2 \omega_2 + \dots + \Delta Q_{22} \omega_{22}}{\sum_1^N \omega_i} = \frac{45 \cdot 0.1 + 45 \cdot 0.007 + \dots + 7.8 \cdot 0.006}{0.756} = 18.45, \text{ МВт.}$$

5. Среднее значение вероятности отказа системы за отопительный период:

$$F(t) = 1 - e^{-\sum_1^N \omega_j t} = 1 - e^{-0.756 \cdot 0.578} = 0.354.$$

6. Математическое ожидание отключаемой тепловой мощности в аварийных ситуациях:

$$M\Delta Q_i = \frac{\sum_1^N \Delta Q_i \omega_i}{\sum_1^N \omega_i} (1 - e^{-\sum \omega_i t}) = 18,45 \cdot 0,354 = 6,54, \text{ МВт.}$$

7. Интегральный показатель надежности тупиковой разветвленной тепловой сети:

$$R_{\text{ст}}(t) = 1 - \frac{M\Delta Q_j}{Q_0} = 1 - \frac{6.54}{45} = 0.855.$$

8. Полученное значение интегрального показателя надежности ТС $R_{\text{ст}}(t) = 0.855$ сравнивается с нормированным значением вероятности безотказной работы $P_{\text{ТС}} = 0.9$ (в соответствии с требованиями п. 6.28 СНиП 41 – 02 – 2003). Так как значение интегрального показателя надежности меньше допустимого нормированного значения вероятности безотказной работы ТС, то необходимо выполнять мероприятия по повышению надежности тепловой сети.

9. Вероятность безотказной работы тупикового ответвления тепловой сети каждого потребителя $p_{i.}$, таблица 26

$$p_5 = e^{-\sum \omega_5 t} = e^{-(\omega_1 + \omega_2 + \omega_6 + \omega_7 + \omega_{11} + \omega_{12} + \omega_{13}) \cdot t} \\ = e^{-(0.1 + 0.007 + 0.082 + 0.076 + 0.006 + 0.132 + 0.006) \cdot 0.578} = e^{-0.41 \cdot 0.578} = 0.79$$

$$p_{11} = e^{-\sum \omega_{11}t} = e^{-(\omega_1+\omega_2+\omega_6+\omega_{14}+\omega_{15}+\omega_{16})\cdot t} = e^{-(0.1+0.007+0.082+0.007+0.061+0.004)\cdot 0.578}$$

$$= e^{-(0.26)\cdot 0.578} = 0.86$$

Таблица 26 - Вероятность безотказной работы тупиковых ответвлений ТС по каждому потребителю

Потребитель №	Суммарный поток отказов тупикового ответвления $\sum \omega_i, 1/\text{год}$	Вероятность безотказной работы тупикового ответвления p_i
5	0,41	0,79
7	0,33	0,83
8	0,19	0,90
9	0,33	0,83
10	0,32	0,83
11	0,26	0,86

Так как расчетные значения вероятности безотказной работы тупиковых ответвлений тепловой сети к потребителям № 5, 7, 9, 10 и 11 меньше допустимого нормированного значения, то для повышения надежности теплоснабжения перечисленных потребителей требуется проведение мероприятий по резервированию работы каждого тупикового ответвления.

2.1.5 Пример расчета показателей надежности многоконтурной распределительной тепловой сети

Исходные данные.

Схема многоконтурной распределительной тепловой сети приведена на рисунке 70. Источник тепла — районная котельная тепловой мощностью 5,58 МВт.

Потребителями теплоты являются здания № 31, 35, 37, 41, 61, 63 (рисунок 70) третьего типа (по МДС 41-6.2000). В таблице 27 приведены технические характеристики участков и элементов тепловой сети.

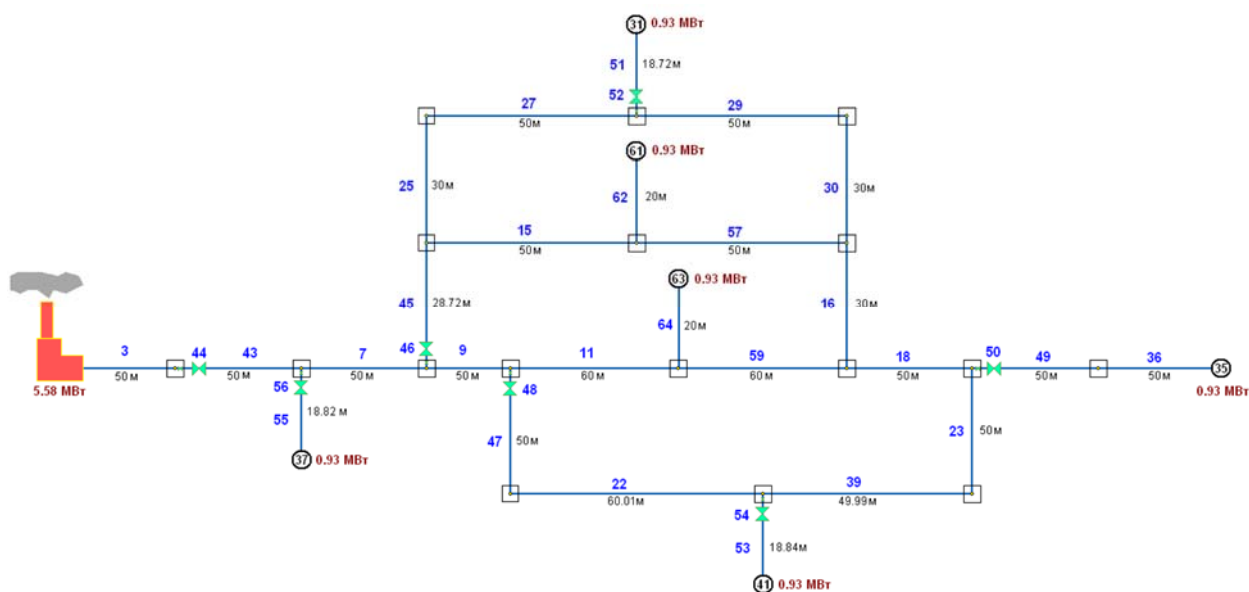


Рисунок 70 - Схема многоконтурной распределительной тепловой сети

3 — 64 номер участка (элемента) тепловой сети, МВт; в окружности — номер потребителя

Таблица 27 - Технические характеристики участков и элементов тепловой сети

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации
	L_i				
	подающий	обратный			км
3	0,05	0,05	0,175	0,175	25
44	-	-	0,175	0,175	25
43	0,05	0,05	0,175	0,175	25
56	-	-	0,08	0,08	25
55	0,01882	0,01882	0,08	0,08	25
7	0,05	0,05	0,15	0,15	20
9	0,05	0,05	0,1	0,1	20

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации
	L_i				
	км				
	подающий	обратный			м
11	0.06	0.06	0,1	0,1	20
59	0.06	0.06	0,07	0,07	10
18	0.05	0.05	0,07	0,07	10
50	-	-	0,08	0,08	10
49	0.05	0.05	0,08	0,08	10
36	0.05	0.05	0,08	0,08	10
46	-	-	0,1	0,1	15
45	0.02872	0.02872	0,1	0,1	15
25	0.03	0.03	0,08	0,08	10
27	0.05	0.05	0,08	0,08	10
52	-	-	0,08	0,08	10
51	0.01372	0.01372	0,08	0,08	10
29	0.05	0.05	0,05	0,05	5
30	0.03	0.03	0,05	0,05	5
16	0.03	0.03	0,07	0,07	5
15	0.05	0.05	0,08	0,08	15
62	0.02	0.02	0,08	0,08	15
57	0.05	0.05	0,07	0,07	15
64	0.02	0.02	0,08	0,08	20
59	0.06	0.06	0,07	0,07	5
48	-	-	0,08	0,08	20
47	0.05	0.05	0,08	0,08	20
22	0.0601	0.0601	0,08	0,08	20
54	-	-	0,08	0,08	20
53	0.01884	0.01884	0,08	0,08	20
39	0.04999	0.04999	0,07	0,07	5
23	0.05	0.05	0,07	0,07	5

Интенсивность отказов:

- для 1 км теплопровода $\lambda_0 = 1,0 \cdot 10^{-5}$, 1/(км·ч);

- для задвижки $\lambda_3 = 2,28 \cdot 10^{-7}$, 1/ч.

Продолжительность отопительного периода: $t = 5064$ ч = 211 суток = 0,578 г.

Результаты расчета.

1. Параметр потока отказов участков (элементов) ТС

1.1 Интенсивность отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС:

Для участка № 3: $\lambda_3(t) = \lambda_0 \cdot (0,1 \cdot \tau_3^{cs})^{\alpha_3-1}, 1/(\text{км}\cdot\text{ч})$.

Так как $\tau_3^{cs} = 25$ лет, то $\alpha_3 = 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau_3^{cs}}{20}\right)} = 0,5 \cdot e^{\left(\frac{25}{20}\right)} = 0,5 \cdot 3,49 = 1,745$.

Тогда $\lambda_3(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 25)^{1,745-1} = 1,98 \cdot 10^{-5}, 1/(\text{км}\cdot\text{ч})$.

Для элемента № 44: $\lambda_{44}(t) = \lambda_3 = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч}$.

⋮

Для участка № 6:

$\tau_{45}^{cs} = 15$ лет; $\alpha_{45} = 1; \lambda_{45}(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 15)^{1,0-1} = 1,0 \cdot 10^{-5}, 1/(\text{км}\cdot\text{ч})$.

⋮

Для участка № 23:

$\tau_{23}^{cs} = 5$ лет; $\alpha_{23} = 1; \lambda_{23}(t) = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1 \cdot 5)^{1,0-1} = 1,0 \cdot 10^{-5}, 1/(\text{км}\cdot\text{ч})$.

Результаты расчета интенсивности отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС приведены в таблице 28.

Таблица 28 - Результаты расчета интенсивности отказов $\lambda_i(t)$ участков (элементов) ТС.

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации	Интенсивность отказов участка (элемента)
	L_i					
	км					
	подающий	обратный				
3	0.05	0.05	0,175	0,175	25	1,9794E-05
44	-	-	0,175	0,175	25	2,2831E-07
43	0.05	0.05	0,175	0,175	25	1,9794E-05
56	-	-	0,08	0,08	25	2,2831E-07
55	0.01882	0.01882	0,08	0,08	25	1,9794E-05
7	0.05	0.05	0,15	0,15	20	1,2827E-05
9	0.05	0.05	0,1	0,1	20	1,2827E-05
11	0.06	0.06	0,1	0,1	20	1,2827E-05
59	0.06	0.06	0,07	0,07	10	0,00001
18	0.05	0.05	0,07	0,07	10	0,00001
50	-	-	0,08	0,08	10	2,2831E-07
49	0.05	0.05	0,08	0,08	10	0,00001
36	0.05	0.05	0,08	0,08	10	0,00001
46	-	-	0,1	0,1	15	2,2831E-07

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Продолжительность эксплуатации	Интенсивность отказов участка (элемента)
	L_i					
	км					
	подающий	обратный				
		d_k	d_k	$\tau_i^{сэ}$	$\lambda_i(t)$	
		м	м	лет	1/(км·ч)	
45	0.02872	0.02872	0,1	0,1	15	0,00001
25	0.03	0.03	0,08	0,08	10	0,00001
27	0.05	0.05	0,08	0,08	10	0,00001
52	-	-	0,08	0,08	10	2,2831E-07
51	0.01372	0.01372	0,08	0,08	10	0,00001
29	0.05	0.05	0,05	0,05	5	0,00001
30	0.03	0.03	0,05	0,05	5	0,00001
16	0.03	0.03	0,07	0,07	5	0,00001
15	0.05	0.05	0,08	0,08	15	0,00001
62	0.02	0.02	0,08	0,08	15	0,00001
57	0.05	0.05	0,07	0,07	15	0,00001
64	0.02	0.02	0,08	0,08	20	1,2827E-05
59	0.06	0.06	0,07	0,07	5	0,00001
48	-	-	0,08	0,08	20	2,2831E-07
47	0.05	0.05	0,08	0,08	20	1,2827E-05
22	0.0601	0.0601	0,08	0,08	20	1,2827E-05
54	-	-	0,08	0,08	20	2,2831E-07
53	0.01884	0.01884	0,08	0,08	20	1,2827E-05
39	0.04999	0.04999	0,07	0,07	5	0,00001
23	0.05	0.05	0,07	0,07	5	0,00001

1.2 Относительная доля отказов $\bar{z}_{i,j}$, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

1.2.1 Время снижения температуры воздуха в зданиях потребителей при полном их отключении от тепловой сети

Для различных типов зданий в МДС 41-6.2000 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации» установлены значения β_i , t_i^B и $t_{i_{min}}^B$, приведенные в таблице 29.

Таблица 29 - Значения β_i , t_i^B и $t_{i_{min}}^B$ в зависимости от типа здания

Тип здания потребителя	i	β_i	t_i^B	$t_{i_{min}}^B$
		ч	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Панельный с толщиной стены 16 см	1	51	21	12
Панельный с толщиной стены 21 см	2	77	21	12
Железобетонный с толщиной стены 22 см	3	40	21	12
Кирпичный с толщиной стены 2,5 кирпича	4	100	21	12
Промышленные с толщиной стены 2 кирпича	5	25	16	8

Для зданий третьего типа $\beta_i = 40$, $t_i^B = 21^{\circ}\text{C}$ и $t_{i_{min}}^B = 12^{\circ}\text{C}$.

Для каждой температуры наружного воздуха j – го диапазона при условии полного отключения зданий потребителей от тепловой сети время снижения температуры воздуха определяется по выражению (8.6):

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^{\circ}\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5

$$z_{3,1} = \beta_3 \cdot \ln\left(\frac{t_3^B - t_1^H}{t_{3_{min}}^B - t_1^H}\right) = 40 \cdot \ln\left(\frac{21 - (-62,5)}{12 - (-62,5)}\right) = 40 \cdot 0,114 = 4,56, \text{ ч}$$

$$z_{3,2} = \beta_3 \cdot \ln\left(\frac{t_3^B - t_2^H}{t_{3_{min}}^B - t_2^H}\right) = 40 \cdot \ln\left(\frac{21 - (-57,5)}{12 - (-57,5)}\right) = 40 \cdot 0,122 = 4,87, \text{ ч}$$

⋮

$$z_{3,15} = \beta_3 \cdot \ln\left(\frac{t_3^B - t_{15}^H}{t_{3_{min}}^B - t_{15}^H}\right) = 40 \cdot \ln\left(\frac{21 - 7,5}{12 - 7,5}\right) = 40 \cdot 1,099 = 43,94, \text{ ч}$$

Результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях потребителей при условии их полного отключения от тепловой сети приведены в таблице 30.

Таблица 30 - Результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях третьего типа

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^{\circ}\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
Время снижения температуры воздуха в зданиях															
$z_{3,j}, \text{ ч}$	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94

1.2.2 Среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов

Наиболее высокую статистическую значимость имеют результаты расчета среднего времени до восстановления участка тепловой сети за всю продолжительность его эксплуатации. Так, например, если на участке тепловой сети в течение эксплуатации возникло всего 5 отказов и время его восстановления после первого отказа составило 3,5 часа, после второго 2,5, после третьего - 4, после четвертого - 2, после пятого – 1 час, то суммарное время восстановления равно 13 часам. В этом случае среднее время до восстановления этого участка сети будет равно $13/5 = 2,6$ часа.

Если статистические данные о временах восстановления различных участков тепловых сетей не достаточно полны или отсутствуют вовсе, тогда среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов рассчитывается по выражению (8.7).

Для различных способов укладки теплопроводов (наружный, в канале), значения коэффициентов a , b , c (по данным ВНИПИЭнергопрм) приведены в таблице 31.

Таблица 31 - Значения коэффициентов a , b , c для различных способов укладки теплопроводов

Способ укладки теплопроводов	Значение коэффициентов		
	a	b	c
наружный	4.6	0.9	0.15
в канале (без канала)	8	0.5	1.5

Значения расстояний между секционирующими задвижками $L_{сз}$ считаются из соответствующей базы электронной модели схемы теплоснабжения. Если эти значения в базах модели не определены, тогда расчет выполняется по значениям, определенным СНиП 41 – 02 – 2003 «Тепловые сети» (п. 10.17):

$$L_{сз} = \begin{cases} \leq 1000 \text{ м при } d_k \geq 100 \text{ мм} \\ \leq 1500 \text{ м при } 400 < d_k \leq 500 \text{ мм} \\ \leq 3000 \text{ м при } d_k \geq 600 \text{ мм} \\ \leq 5000 \text{ м при } d_k \geq 900 \text{ мм} \end{cases}, \text{ м}$$

Среднее время до восстановления участков тепловой сети после отказов с наружным способом укладки при диаметрах секционирующих задвижек, указанных

в таблице 27, определяется со значениями $a = 4,6$; $b = 0,9$; $c = 0,15 \text{ м}^{-1}$ и расстоянии между секционирующими задвижками $L_{сз} = 1 \text{ км}$:

$$z_3^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_3^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,175^{0,2}) = 8, \text{ ч}$$

$$z_{44}^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_{44}^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,175^{0,2}) = 8, \text{ ч}$$

⋮

$$z_{23}^p = 4,6 \cdot [1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot d_{23}^{0,2}] = 4,6 \cdot (1 + (0,9 + 0,15 \cdot 1) \cdot 0,05^{0,2}) = 7,44, \text{ ч}$$

Результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов приведены в таблице 32.

Таблица 32 - Результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов
	L_i				z_k^p
	км				час
	подающий	обратный			$d_k, \text{ м}$
3	0.05	0.05	0,175	0,175	8,01
44	-	-	0,175	0,175	8,01
43	0.05	0.05	0,175	0,175	8,01
56	-	-	0,08	0,08	7,51
55	0.01882	0.01882	0,08	0,08	7,51
7	0.05	0.05	0,15	0,15	7,90
9	0.05	0.05	0,1	0,1	7,65
11	0.06	0.06	0,1	0,1	7,65
59	0.06	0.06	0,07	0,07	7,44
18	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44
50	-	-	0,08	0,08	7,51
49	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51
36	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51
46	-	-	0,1	0,1	7,65
45	0.02872	0.02872	0,1	0,1	7,65
25	0.03	0.03	0,08	0,08	7,51
27	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51
52	-	-	0,08	0,08	7,51
51	0.01372	0.01372	0,08	0,08	7,51
29	0.05	0.05	0,05	0,05	7,25

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов
	L_i				z_k^p
	км				час
	подающий	обратный			d_k , м
30	0.03	0.03	0,05	0,05	7,25
16	0.03	0.03	0,07	0,07	7,44
15	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51
62	0.02	0.02	0,08	0,08	7,51
57	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44
64	0.02	0.02	0,08	0,08	7,51
59	0.06	0.06	0,07	0,07	7,44
48	-	-	0,08	0,08	7,51
47	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51
22	0.0601	0.0601	0,08	0,08	7,51
54	-	-	0,08	0,08	7,51
53	0.01884	0.01884	0,08	0,08	7,51
39	0.04999	0.04999	0,07	0,07	7,44
23	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44

1.2.3. Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

Учитывая результаты расчета среднего времени до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов, приведенные в таблице 32, а также результаты расчета времени снижения температуры воздуха в зданиях (при условии их полного отключения от тепловой сети), приведенные в таблице 30 при значениях средних продолжительностей действия температур наружного воздуха для географической зоны РФ, соответствующей положению г. Уфы (СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология»), по выражению (8.5) рассчитывается относительная доля отказов каждого участка тепловой сети:

Диапазон температур наружного воздуха															
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_j^H, ^\circ\text{C}$	-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
Продолжительность действия температур наружного воздуха (г. Уфа)															
$\tau_1^H, \text{ч}$	0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
Время снижения температуры воздуха в зданиях															
$z_{3,j}, \text{ч}$	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94

$$\bar{z}_{3,1} = \left(1 - \frac{z_{3,1}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_1^H = \left(1 - \frac{4,56}{8,01}\right) \cdot 0 = 0, \text{ отн. ед.}$$

$$\bar{z}_{3,2} = \left(1 - \frac{z_{3,2}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_2^H = \left(1 - \frac{4,87}{8,01}\right) \cdot 0 = 0, \text{ отн. ед.}$$

.

.

$$\bar{z}_{3,6} = \left(1 - \frac{z_{3,6}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_4^H = \left(1 - \frac{6,68}{8,01}\right) \cdot 5 = 0,83, \text{ отн. ед.}$$

.

.

$$\bar{z}_{3,15} = \left(1 - \frac{z_{3,15}}{z_1^p}\right) \cdot \tau_{15}^H = \left(1 - \frac{43,94}{8,01}\right) \cdot 638 = -2862,88, \text{ отн. ед.}$$

Результаты расчета относительных долей отказов каждого участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, приведены в таблице 33.

Таблица 33 - Результаты расчета относительных долей отказов участков тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

№ участка (элемента)	Среднее время до восстановления участка (элементов) тепловой сети после отказов	Диапазон температур наружного воздуха, t_j^H , °C														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
		Продолжительность действия температур наружного воздуха в г. Уфе, τ_j^H , ч														
		0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
		Время снижения температуры воздуха в зданиях г. Уфы, $Z_{3,j}$, ч														
Z_k^p	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94	
ч	Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, $\bar{z}_{i,j}$															
3	8,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	-1356,66	-1860,78	-2862,88
44	8,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	-1356,66	-1860,78	-2862,88
43	8,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,64	-2,93	-41,81	-174,54	-433,29	-848,89	-1356,66	-1860,78	-2862,88
56	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
55	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
7	7,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	2,24	-4,48	-45,83	-183,75	-449,04	-872,41	-1387,00	-1895,60	-2908,71
9	7,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,21	-8,54	-56,29	-207,74	-490,08	-933,69	-1466,04	-1986,30	-3028,10
11	7,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,21	-8,54	-56,29	-207,74	-490,08	-933,69	-1466,04	-1986,30	-3028,10
59	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
18	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
50	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
49	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
36	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
46	7,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,21	-8,54	-56,29	-207,74	-490,08	-933,69	-1466,04	-1986,30	-3028,10
45	7,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,21	-8,54	-56,29	-207,74	-490,08	-933,69	-1466,04	-1986,30	-3028,10
25	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
27	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99

№ участка (элемента)	Среднее время до восстановления участков (элементов) теп- ловой сети после отказов	Диапазон температур наружного воздуха, $j, t_j^H, ^\circ\text{C}$														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		-62,5	-57,5	-52,5	-47,5	-42,5	-37,5	-32,5	-27,5	-22,5	-17,5	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5
		Продолжительность действия температур наружного воздуха в г. Уфе, $\tau_j^H, \text{ч}$														
		0	0	0	0	0	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
		Время снижения температуры воздуха в зданиях г. Уфы, $Z_{3,j}, \text{ч}$														
Z_k^p	4,56	4,87	5,22	5,63	6,11	6,68	7,37	8,21	9,27	10,65	12,51	15,18	19,31	26,66	43,94	
ч	Относительная доля отказов участка тепловой сети, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей, $\bar{z}_{i,j}$															
52	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
51	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
29	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	-0,52	-15,31	-73,77	-247,81	-558,61	-1036,03	-1598,05	-2137,80	-3227,50
30	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	-0,52	-15,31	-73,77	-247,81	-558,61	-1036,03	-1598,05	-2137,80	-3227,50
16	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
15	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
62	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
57	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
64	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
59	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
48	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
47	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
22	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
54	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
53	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	-10,74	-61,98	-220,78	-512,38	-967,00	-1509,00	-2035,61	-3092,99
39	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52
23	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,31	-12,05	-65,36	-228,52	-525,62	-986,77	-1534,51	-2064,88	-3131,52

1.2.3 Сумма относительных долей отказов, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей

Так как к снижению температуры воздуха в зданиях потребителей приводят только те отказы, среднее время устранения которых превышает время снижения температуры воздуха в зданиях потребителей (т.е. $\frac{z_{i,j}^p}{z_k^p} < 1$), то при расчете суммы относительных долей отказов i -х участков тепловой сети $\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$ учитываются только те относительные доли, значения которых имеют положительные значения (в таблице 33 область этих значений выделена цветом):

$$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{3,j} = \bar{z}_{3,1} + \bar{z}_{3,2} + \dots + \bar{z}_{3,6} + \bar{z}_{3,7} = 0 + 0 + \dots + 0,83 + 2,64 = 3,47, \text{ отн. ед.}$$

.

.

$$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{23,j} = \bar{z}_{23,1} + \bar{z}_{23,2} + \dots + \bar{z}_{23,6} + \bar{z}_{23,7} = 0 + 0 + \dots + 0,51 + 0,31 = 0,82, \text{ отн. ед.}$$

Результаты расчета суммы относительных долей отказов i -х участков тепловой сети $\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$ приведены в таблице 34.

Таблица 34 - Результаты расчета суммы относительных долей отказов

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстановления участков (элемен- тов) тепловой сети после отказов	Сумма относительных долей отказов
	L_i				z_k^p	$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$
	км					
	подающий	обратный				
3	0.05	0.05	0,175	0,175	8,01	3,47
44	-	-	0,175	0,175	8,01	3,47
43	0.05	0.05	0,175	0,175	8,01	3,47
56	-	-	0,08	0,08	7,51	1,20
55	0.01882	0.01882	0,08	0,08	7,51	1,20
7	0.05	0.05	0,15	0,15	7,90	3,02
9	0.05	0.05	0,1	0,1	7,65	1,84
11	0.06	0.06	0,1	0,1	7,65	1,84
59	0.06	0.06	0,07	0,07	7,44	0,82
18	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44	0,82
50	-	-	0,08	0,08	7,51	1,20

№ участка (элемента)	Длина участка		Внутренний диаметр подающего трубопровода	Внутренний диаметр обратного трубопровода	Среднее время до восстановления участков (элементов) тепловой сети после отказов	Сумма относительных долей отказов		
	L_i							
	км				м	м	Z_k^p	$\sum_{j=1}^N \bar{z}_{i,j}$
	подающий	обратный						
49	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51	1,20		
36	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51	1,20		
46	-	-	0,1	0,1	7,65	1,84		
45	0.02872	0.02872	0,1	0,1	7,65	1,84		
25	0.03	0.03	0,08	0,08	7,51	1,20		
27	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51	1,20		
52	-	-	0,08	0,08	7,51	1,20		
51	0.01372	0.01372	0,08	0,08	7,51	1,20		
29	0.05	0.05	0,05	0,05	7,25	0,39		
30	0.03	0.03	0,05	0,05	7,25	0,39		
16	0.03	0.03	0,07	0,07	7,44	0,82		
15	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51	1,20		
62	0.02	0.02	0,08	0,08	7,51	1,20		
57	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44	0,82		
64	0.02	0.02	0,08	0,08	7,51	1,20		
59	0.06	0.06	0,07	0,07	7,44	0,82		
48	-	-	0,08	0,08	7,51	1,20		
47	0.05	0.05	0,08	0,08	7,51	1,20		
22	0.0601	0.0601	0,08	0,08	7,51	1,20		
54	-	-	0,08	0,08	7,51	1,20		
53	0.01884	0.01884	0,08	0,08	7,51	1,20		
39	0.04999	0.04999	0,07	0,07	7,44	0,82		
23	0.05	0.05	0,07	0,07	7,44	0,82		

1.2.4 Параметр потока отказов i – го участка тепловой сети

Значение параметра потока отказов i – го участка тепловой сети ω_i рассчитывается по выражению (2) с учетом длины участка (l_i) и суммы относительных долей отказов, приводящих к снижению температуры в зданиях потребителей:

$$\omega_3 = \lambda_3 \cdot L_3 \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{3,j} = 1,98 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05 \cdot 3,47 = 1,157 \cdot 10^{-5}, 1/ч$$

$$\omega_{44} = \lambda_{44} \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{44,j} = 2,28 \cdot 10^{-7} \cdot 3,47 = 7,92 \cdot 10^{-7}, 1/ч$$

⋮

$$\omega_{39} = \lambda_{39} \cdot L_{39} \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{39,j} = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,0499 \cdot 0,82 = 4,09 \cdot 10^{-7}, 1/ч$$

$$\omega_{23} = \lambda_{23} \cdot L_{23} \cdot \sum_{j=1}^N \bar{z}_{23,j} = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05 \cdot 0,82 = 8,19 \cdot 10^{-6}, 1/ч.$$

Результаты расчета параметров потока отказов по участкам (элементам) ТС приведены в таблице 35.

Таблица 35 - Результаты расчета параметров потока отказов по участкам (элементам) ТС

№ участка (элемента)	Длина участка	Интенсивность отказов	Сумма относительных долей отказов	Параметр потока отказов участка (элемента)	Параметр потока отказов участка (элемента)
	L_i				
	км	1/(км·ч), 1/ч	-	1/ч	1/год
3	0.05	1,9794E-05	3,47	0,000003433	0,030069
44	-	2,2831E-07	3,47	0,000000792	0,006937
43	0.05	1,9794E-05	3,47	0,000003433	0,030069
56	-	2,2831E-07	1,20	0,000000274	0,002397
55	0.01882	1,9794E-05	1,20	0,000000446	0,003911
7	0.05	1,2827E-05	3,02	0,000001934	0,016946
9	0.05	1,2827E-05	1,84	0,000001179	0,01033
11	0.06	1,2827E-05	1,84	0,000001415	0,012396
59	0.06	0,00001	0,82	0,000000491	0,004302
18	0.05	0,00001	0,82	0,000000409	0,003585
50	-	2,2831E-07	1,20	0,000000274	0,002397
49	0.05	0,00001	1,20	0,000000599	0,00525
36	0.05	0,00001	1,20	0,000000599	0,00525
46	-	2,2831E-07	1,84	0,000000420	0,003677
45	0.02872	0,00001	1,84	0,000000528	0,004626
25	0.03	0,00001	1,20	0,000000360	0,00315
27	0.05	0,00001	1,20	0,000000599	0,00525
52	-	2,2831E-07	1,20	0,000000274	0,002397
51	0.01372	0,00001	1,20	0,000000164	0,00144
29	0.05	0,00001	0,39	0,000000197	0,001724
30	0.03	0,00001	0,39	0,000000118	0,001034
16	0.03	0,00001	0,82	0,000000246	0,002151
15	0.05	0,00001	1,20	0,000000599	0,00525
62	0.02	0,00001	1,20	0,000000240	0,0021
57	0.05	0,00001	0,82	0,000000409	0,003585
64	0.02	1,2827E-05	1,20	0,000000307	0,002693
59	0.06	0,00001	0,82	0,000000491	0,004302
48	-	2,2831E-07	1,20	0,000000274	0,002397
47	0.05	1,2827E-05	1,20	0,000000769	0,006733
22	0.0601	1,2827E-05	1,20	0,000000924	0,008094

№ участка (элемента)	Длина участка	Интенсивность отказов	Сумма относительных долей отказов	Параметр потока отказов участка (элемента)	Параметр потока отказов участка (элемента)
	L_i км				
54	-	2,2831E-07	1,20	0,000000274	0,002397
53	0.01884	1,2827E-05	1,20	0,000000290	0,002537
39	0.04999	0,00001	0,82	0,000000409	0,003584
23	0.05	0,00001	0,82	0,000000409	0,003585

2. Сумма параметров потока отказов в тепловой сети $\sum_{i=1}^N \omega_i$:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \omega_i &= \omega_3 + \omega_{44} + \dots + \omega_{23} = \\ &= 3,43 \cdot 10^{-6} + 7,92 \cdot 10^{-7} + \dots + 4,09 \cdot 10^{-7} = 2,36 \cdot 10^{-5}, 1/ч = 0,207, 1/год. \end{aligned}$$

3. Результаты анализа последствий отказа каждого участка (элемента) ТС в виде недопоставленного (отключаемого) потребителям количества тепловой энергии ΔQ_i в результате этого отказа

Результаты анализа последствий отказа каждого участка (элемента) ТС с определением количества недопоставленной в результате этого отказа потребителям тепловой энергии ΔQ_i приведены в таблице 36. Задача по определению количества недопоставленной тепловой энергии решена путем проведения топологического анализа с проверкой гидравлической связанности (теплопроводами) потребителей с источниками теплоснабжения.

Таблица 36 - Количество не поставленной потребителям тепловой энергии ΔQ_i в результате отказа участка (элемента) ТС

Отказ участка (элемента) №	Количество не поставленной (отключаемой) потребителям тепловой энергии	
	ΔQ_i	
	МВт	
3	5.58	
44	5.58	
43	5.58	
56	0.93	
55	0.93	
7	4.652	

Отказ участка (элемента) №	Количество не поставленной (отключаемой) потребителям тепловой энергии
	ΔQ_i МВт
9	0
11	0
59	0
18	0
50	0.93
49	0.93
36	0.93
46	0
45	0
25	0
27	0
52	0.93
51	0.93
29	0
30	0
16	0
15	0
62	0.93
57	0
64	0.93
59	0
48	0
47	0
22	0
54	0.93
53	0.93
39	0
23	0

4. Среднее значение отключаемой расчетной мощности:

$$\Delta Q_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^N \Delta Q_j \omega_j}{\sum_1^N \omega_j} = \frac{\Delta Q_3 \omega_3 + \Delta Q_{44} \omega_{44} + \dots + \Delta Q_{23} \omega_{23}}{\sum_1^N \omega_j} =$$

$$\frac{5.58 \cdot 3.43 \cdot 10^{-6} + 5.58 \cdot 7.92 \cdot 10^{-7} + \dots + 0.4 \cdot 0.09 \cdot 10^{-7}}{0.207} = \frac{0.484}{0.207} = 2.34 \text{ ,МВт}$$

5. Среднее значение вероятности отказа системы за отопительный период:

$$F(t) = 1 - e^{-\sum_1^N \omega_j t} = 1 - e^{-0.207 \cdot 0.578} = 0.113.$$

6. Математическое ожидание отключаемой тепловой мощности в аварийных ситуациях:

$$M\Delta Q_j = \frac{\sum_1^N \Delta Q_j \omega_j}{\sum_1^N \omega_j} (1 - e^{-\sum \omega_j t}) = 2.34 \cdot 0.113 = 0.264, \text{ мВт}$$

7. Интегральный показатель надежности многоконтурной тепловой сети:

$$R_{ст}(t) = 1 - \frac{M\Delta Q_j}{Q_0} = 1 - \frac{0.264}{5.58} = 0.953.$$

8. Полученное значение интегрального показателя надежности многоконтурной тепловой сети $R_{ст}(t) = 0.953$ сравнивается с нормированным значением вероятности безотказной работы $P_{тс} = 0.9$ (в соответствии с требованиями п. 6.28 СНиП 41 – 02 – 2003). Так как значение интегрального показателя надежности больше допустимого нормированного значения вероятности безотказной работы ТС, то необходимости в резервировании многоконтурной тепловой сети нет.

9. Вероятность безотказной работы ветки многоконтурной тепловой сети каждого потребителя $p_{i.}$, таблица 37

$$\begin{aligned} p_{31} &= e^{-\sum \omega_{31} t} = e^{-(\omega_3 + \omega_{44} + \omega_{43} + \omega_7 + \omega_{46} + \omega_{45} + \omega_{25} + \omega_{27} + \omega_{52} + \omega_{51}) \cdot t} \\ &= e^{-(0.03 + 0.007 + 0.03 + 0.017 + 0.0037 + 0.0046 + 0.003 + 0.005 + 0.0024 + 0.0014) \cdot 0.578} \\ &= e^{-(0.105) \cdot 0.578} = 0.941. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{63} &= e^{-\sum \omega_{63} t} = e^{-(\omega_3 + \omega_{44} + \omega_{43} + \omega_7 + \omega_9 + \omega_{11} + \omega_{64}) \cdot t} \\ &= e^{-(0.03 + 0.007 + 0.03 + 0.017 + 0.01 + 0.0124 + 0.0027) \cdot 0.578} = e^{-(0.109) \cdot 0.578} = 0.939. \end{aligned}$$

Таблица 37 - Вероятность безотказной работы веток многоконтурной тепловой сети по каждому потребителю

Потребитель №	Суммарный поток отказов тупикового ответвления $\sum \omega_i, 1/\text{год}$	Вероятность безотказной работы тупикового ответвления p_i
---------------	---	--

31	0,105	0,941
35	0,128	0,929
37	0,073	0,958
41	0,117	0,935
61	0,100	0,944
63	0,109	0,939

Так как расчетное значение вероятности безотказной работы веток многоконтурной тепловой сети по каждому потребителю больше допустимого нормированного значения, то необходимости в их резервировании не возникает.

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

Формирование группы объектов

В электронной модели группа объектов используется в различных режимах и операциях. Группа объектов формируется только в активном слое и отображается заданным цветом. При этом используются различные способы формирования (рисунок 71):

- добавление в группу одиночного объекта;
- выделение группы указанием области;
- добавление объектов в группу по их ID;
- создание группы по результатам запроса к семантической базе данных;
- создание группы по графическим атрибутам объектов слоя;
- создание группы из всех объектов слоя;
- создание группы объектов по пересечению со слоем;
- создание группы инвертированием предыдущей группы.

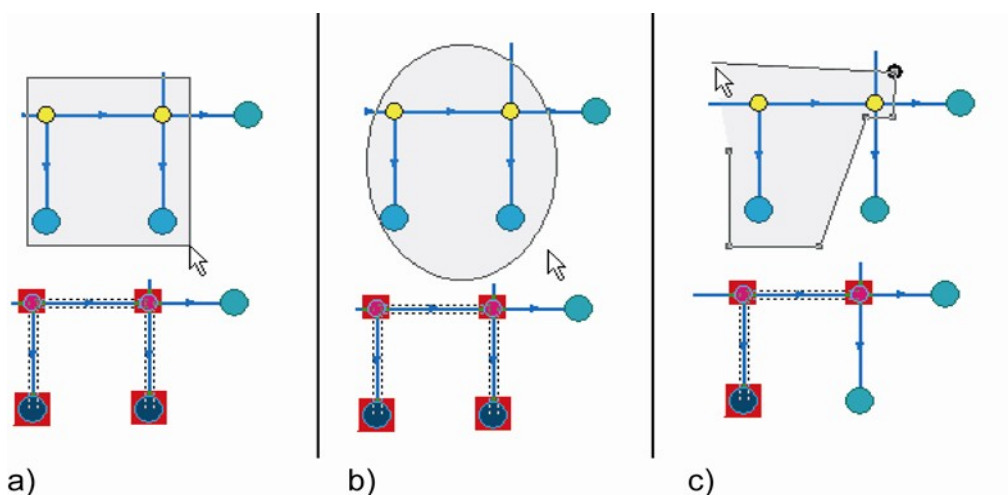


Рисунок 71 - Пример создания группы объектов

Изменение параметров группы объектов

При изменении параметров группы выполняются операции:

1. Активируется редактируемый слой;

2. Устанавливается режим редактирования объектов;
3. Выбрать объект группы.
4. Изменить параметры в окне редактирования параметров соответствующего объекта. Внесенные изменения применяются ко всей группе объектов (рисунок Рисунок 72).

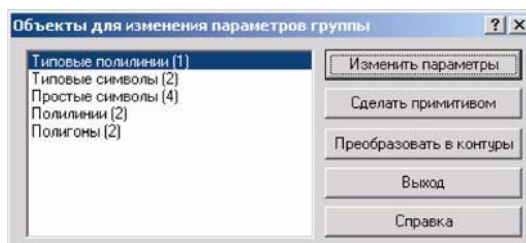


Рисунок 72 - Окно выбора объекта для изменения параметров группы

Команда «Сделать примитивом» преобразует типовые объекты в примитивы (например, участки превращает в ломаную). Для примитивов эта команда изменяет вид на «Сделать типовым» и выполняет операцию по преобразованию примитива в типовой объект в соответствии с заданными параметрами.

Для линейных объектов команда «Преобразовать в контуры» активирует окно задания окрестности для замыкания контура. В нем задается область в которой система замыкает контур (если расстояние между полилиниями больше заданной области, то преобразования в контуры не производится). Для полигонов (площадных объектов) команда имеет название «Преобразовать в линии» и запускает процесс преобразования контурных объектов в линейные (ломаные).

Команда «Преобразовать в сеть» преобразует слой, содержащий примитивы ломаных, в слой с типовыми линейными объектами, для которых определены направления движения. Такое преобразование изменяет ломаные в линейно-сетевой граф, который используется для решения задач топологического анализа (найти кратчайший путь, изменить направление движения и т.д.).

Для преобразования слоя выполняются следующие операции:

1. Преобразуются примитивы ломаных в типовые объекты. В диалоговом окне выполняется команда «Сделать, типовым» активирующая окно смены режима, в котором производится выбор режим и инициируется преобразование примитивов ломаных в типовые объекты.

2. В меню Слой активируется команда «Операции|Преобразовать в сеть». В списке загруженных в карту слоев указывается слой, который содержит ломаные.

3. В открывшемся списке типов и режимов указывается тот символ, которым должны быть обозначены узлы сети.

Для преобразования полилиний в площадные объекты, выполняются операции:

1. Активируется редактируемый слой.
2. Выделяется группа объектов (полилиний).
3. Устанавливается режим редактирования объектов.
4. Выделяется любой объект, входящий в группу.

5. В окне «Объекты для изменения параметров группы» инициируется команда «Преобразовать в контуры» (рисунок 73 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

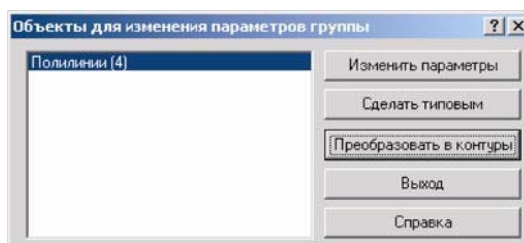


Рисунок 73 - Окно выбора объекта для изменения параметров группы

6. Задается окрестность для замыкания контура (рисунок **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

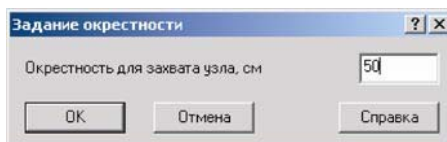


Рисунок 74 - Окно задания окрестности для захвата узла

7. Активируется команда преобразования в контуры всех полилиний, конечные узлы которых попадают в заданную окрестность для захвата.

Отмена группы

Отмена всех ранее созданных групп во всех слоях карты, выполняется командой «Карта|Группа|Отменить». При этом активируется список загруженных в окно слоев, из которого выбирается слой, группа которого будет отменена.

Для отмены группы только одного слоя, в списке загруженных слоев, выбирается только тот слой, в котором отменяется группа.

Удаление группы

Удаление выполняется в следующем порядке:

1. Активируется редактируемый слой.
2. Устанавливается режим редактирования объектов.
3. Выделяется удаляемая группа объектов.
4. Иницируется удаление выделенной группы объектов.

Топологический анализ

В электронной модели реализована возможность проверить топологическую связанность элементов для указанных узлов. Узлы указываются путем расстановки флагов. Связанность элементов сети проверяется проведением следующих операций:

1. Активируется слой, в котором проверяется связанность (не связанность) элементы сети.
2. Активируется режим установки флагов.
3. Выбирается любой узел проверяемой сети (рисунок 75).
4. В контекстном окне иницируется команда «Найти связанные («Найти не связанные»)» (Карта|Топология|Найти связанные|Найти не связанные). При этом возможен выбор направления связанности участков.

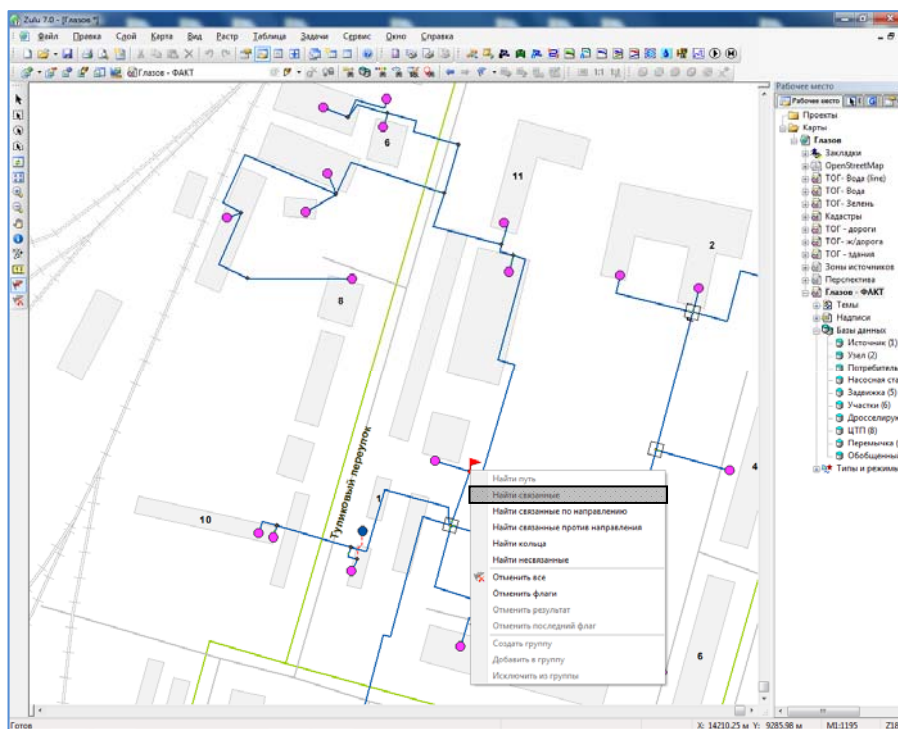


Рисунок 75 - Нахождение связанных элементов сети

В результате все участки сети, связанные с узлами, отмеченными флагами, выделяются красным цветом (рисунок 76).

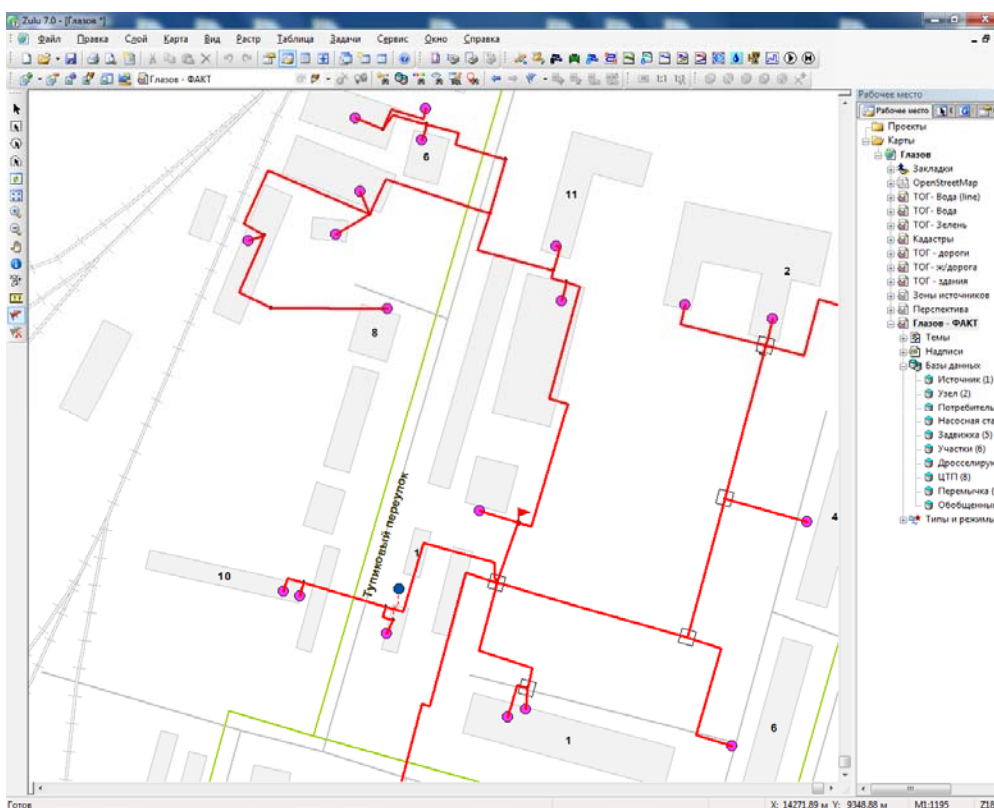


Рисунок 76 – Результат нахождения связанных элементов сети

В модели предусмотрены команды: «Отменить последний флаг», «Отменить флаги», «Отменить результат». Цвет и стиль выделения результатов топологического анализа изменяется командой меню «Сервис|Параметры...», раздел Карта, «Топологические запросы».

Поиск пути по графу

Команда «Поиск пути по графу» позволяет найти путь между заданными узлами с учетом режимов элементов сети (включен/отключен). В этом случае порядок проведения операций следующий:

1. Активируется слой, для которого строится путь.
2. Выбирается режим установки флагов.
3. Выбирается узел, с которого начинается.
4. Отмечаются объекты исследуемого пути. Если отмечен только начальный и конечный узел, то выбирается самый короткий путь (рисунок 77).
5. В контекстном меню активируется команда «Найти путь» (или в главном меню Карта|Топология|Найти путь).

В результате найденный путь выделяется красным цветом (рисунок 78).

В том случае, если между объектами существует разрыв, путь не будет найден, что сопровождается служебным сообщением.

Удаление флагов и результатов поиска осуществляется точно таким же образом, как и при нахождении связанных и несвязанных элементов сети.

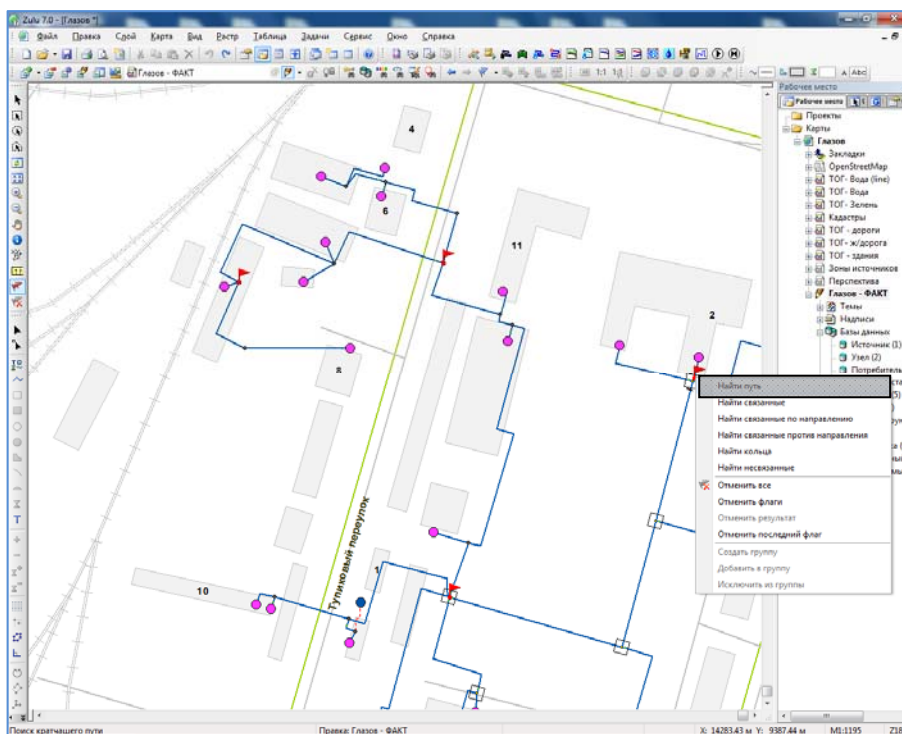


Рисунок 77 - Выбор исследуемого пути

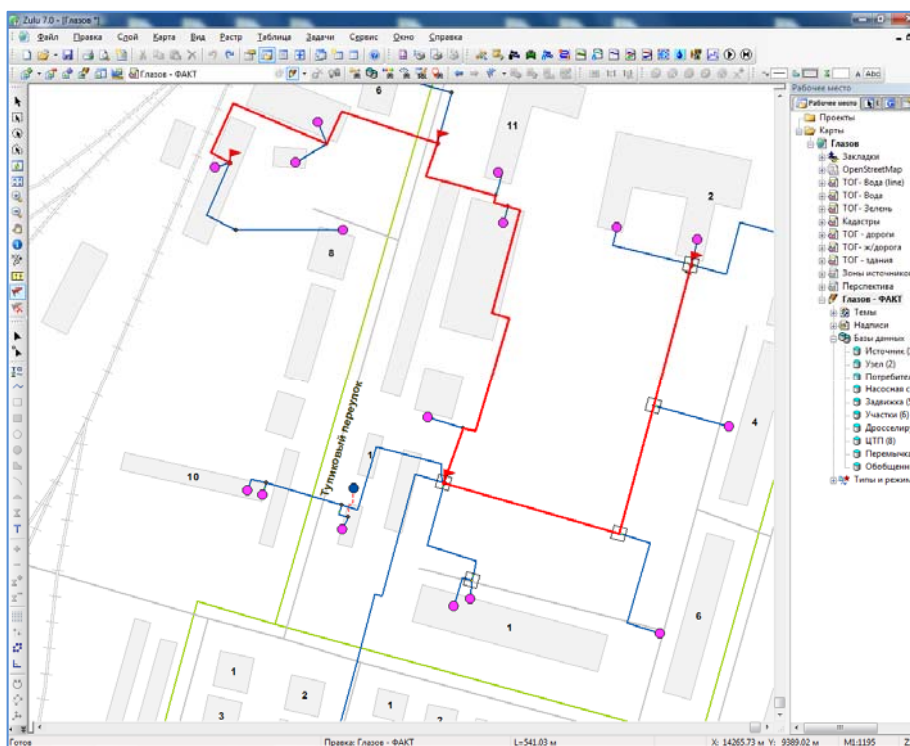


Рисунок 78 - Результат поиска пути

Поиск колец в сети

Команда «Найти кольца» позволяет найти кольца в сети. Поиск колец выполняется для той части сети, узлы которой отмечены флагами. Порядок поиска колец следующий:

1. Активируется слой, в котором выполняется поиск колец.
2. Выбирается режим установки флагов.
3. Выбирается узел сети, в которой выполняется поиск колец (рисунок 79 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

4. В контекстном меню активируется команда «Найти кольца» (или в главном меню Карта|Топология| Найти кольца).

В результате все найденные кольца выделяются красным цветом (рисунок 80).

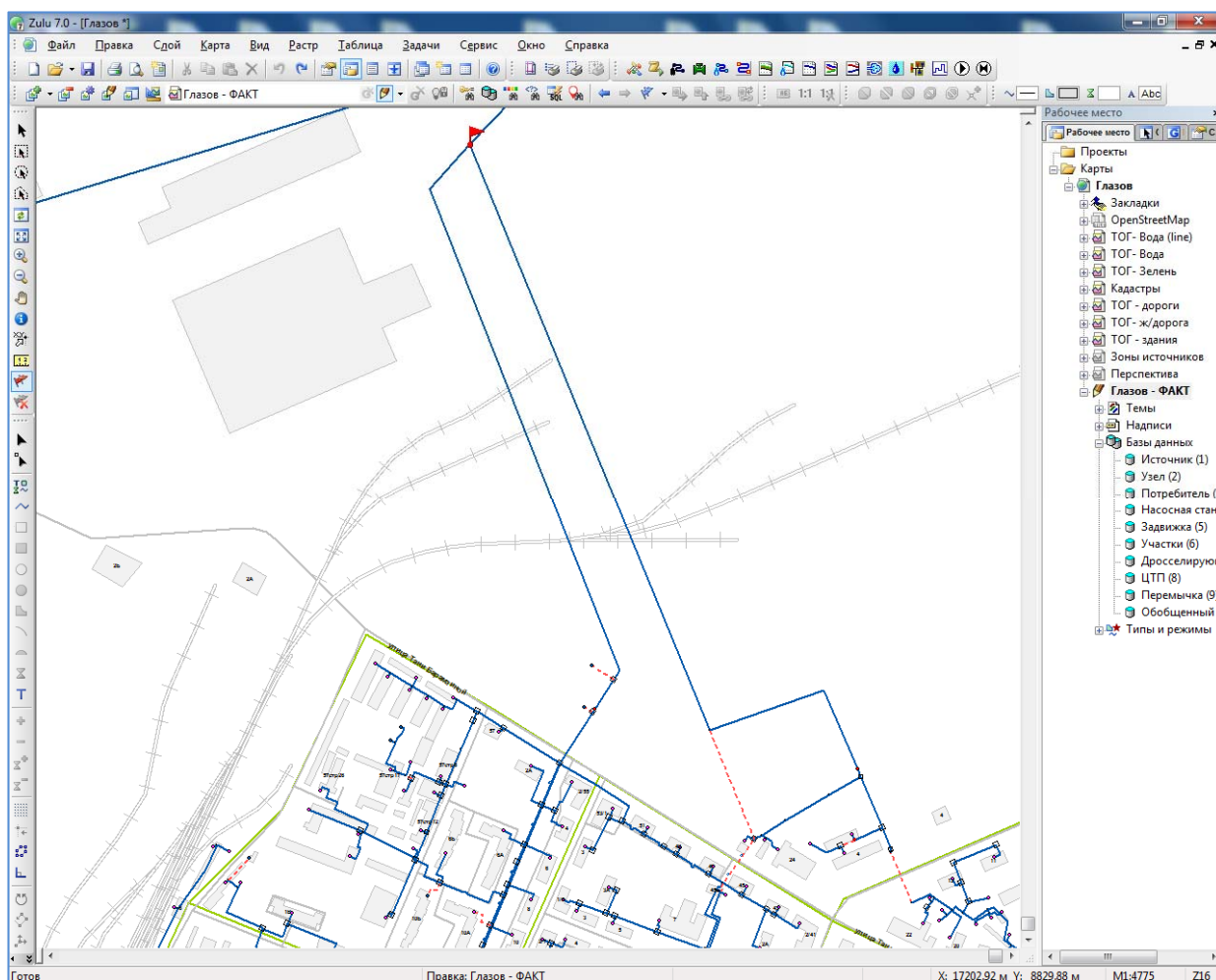


Рисунок 79 - Выбор исследуемого участка сети

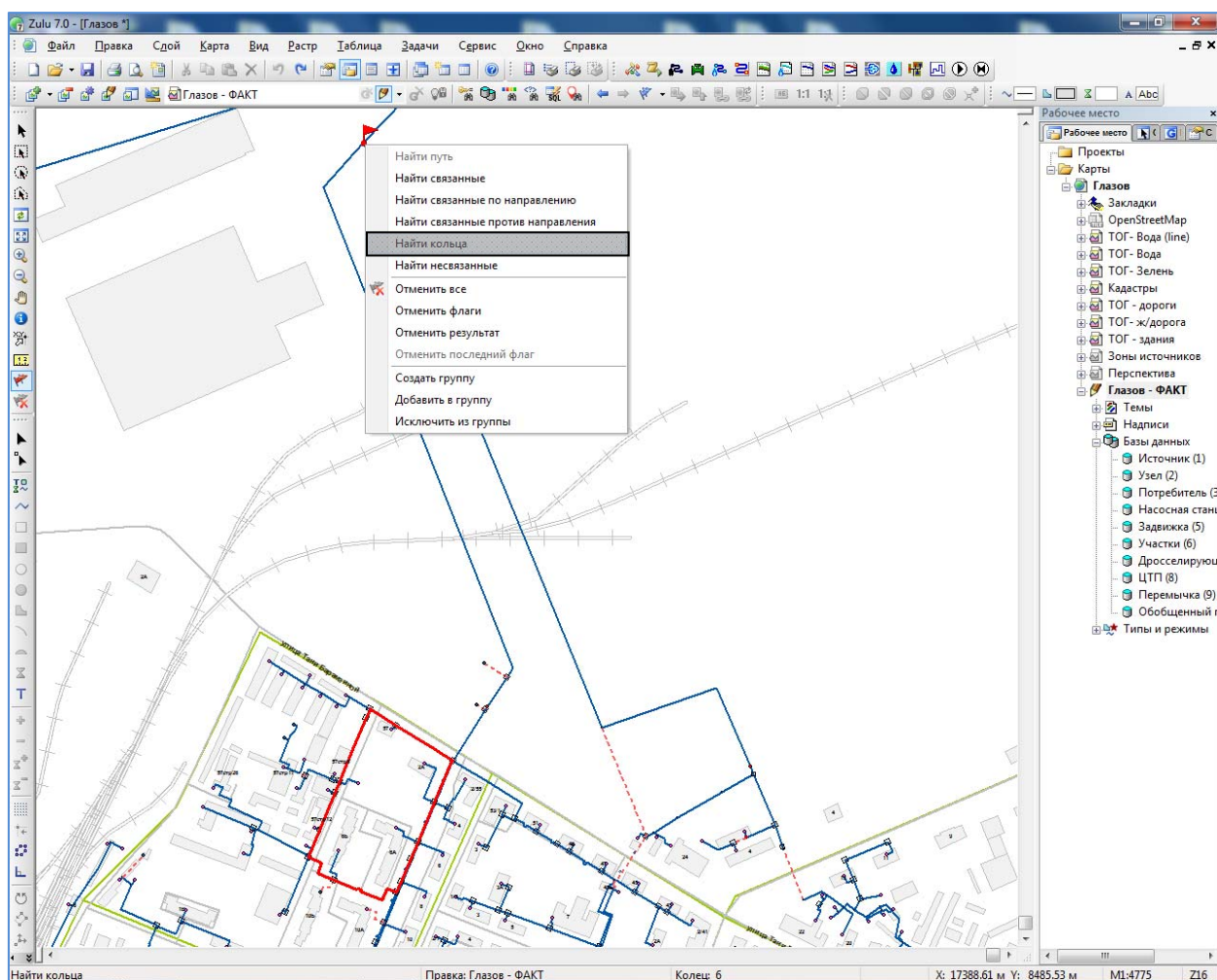


Рисунок 80 - Результат поиска колец в сети

Удаление флагов и результатов поиска осуществляется аналогично тому, как при поиске связанных и несвязанных элементов сети.

Поиск отключающих устройств

Отключающими устройствами считаются те объекты сети, для которых графический тип объекта тепловой сети установлен как «отсекающее устройство». При поиске отключающих устройств выполняются следующие операции:

1. Активируется слой, содержащий тепловую сеть.
2. На карте выделяется объект, который необходимо отключить.
3. В меню «Задачи» активируется команда «Найти отключающие устройства».

В результате в окне сообщений на вкладке «Арматура» появляется список всех объектов, которые отключают выбранный объект (Окно|Сообщения, вкладка «Арматура»).

Поиск изолирующих устройств

Команда «Найти отключающие устройства» позволяет найти в тепловой сети устройства, изолирующие объект от источника. Порядок поиска изолирующих устройств следующий:

1. Активируется слой, содержащий тепловую сеть.
2. На карте выделяется объект, который необходимо изолировать.
3. В меню «Задачи» активируется команда «Найти отключающие устройства».

В результате в окне сообщений на вкладке «Арматура» появится список всех объектов, которые изолируют выбранный объект.

10 Построение сравнительных пьезометрических графиков для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей

Одним из основных инструментов анализа результатов расчетов тепловых сетей является пьезометрический график. График изображает линии изменения давления в узлах сети по выбранному маршруту, например, от источника до одного из потребителей. Пьезометрический график строится по указанному пути. Путь указывается автоматически, достаточно определить его начальный и конечный узлы. Если путей от одного узла до другого может быть несколько, то по умолчанию путь выбирается самый короткий, в том случае если исследуется другой путь, то указываются промежуточные узлы.

Порядок построения пьезометрического графика

Порядок построения пьезометрического графика следующий:

1. Активируется слой, содержащий тепловую сеть.
2. Выбирается режим установки флагов.
3. Выбирается начальный (например источник) и конечный объект (например, проблемный потребитель) системы теплоснабжения (рисунок **Ошибка! Источник ссылки не найден.** a, b, c).
4. В контекстном меню активируется команда «Найти путь». Выбранный маршрут для построения графика выделяется красным цветом (рисунок 81 c);

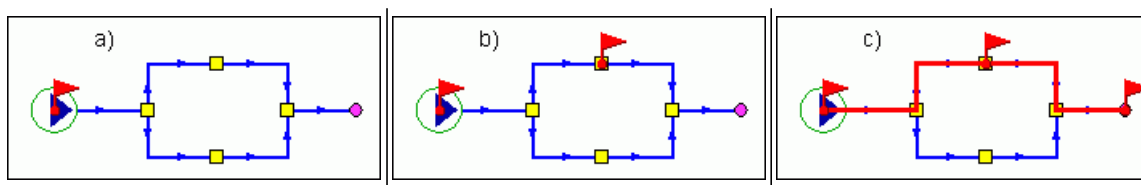


Рисунок 81 - Построение пьезометрического графика

5. В меню «Задачи» активируется команда «Пьезометрический график».

В результате выполнения команды в окно «График» выводятся результаты расчета пьезометрического графика для исследуемого участка сети в графическом и табличном виде (рисунок 82).

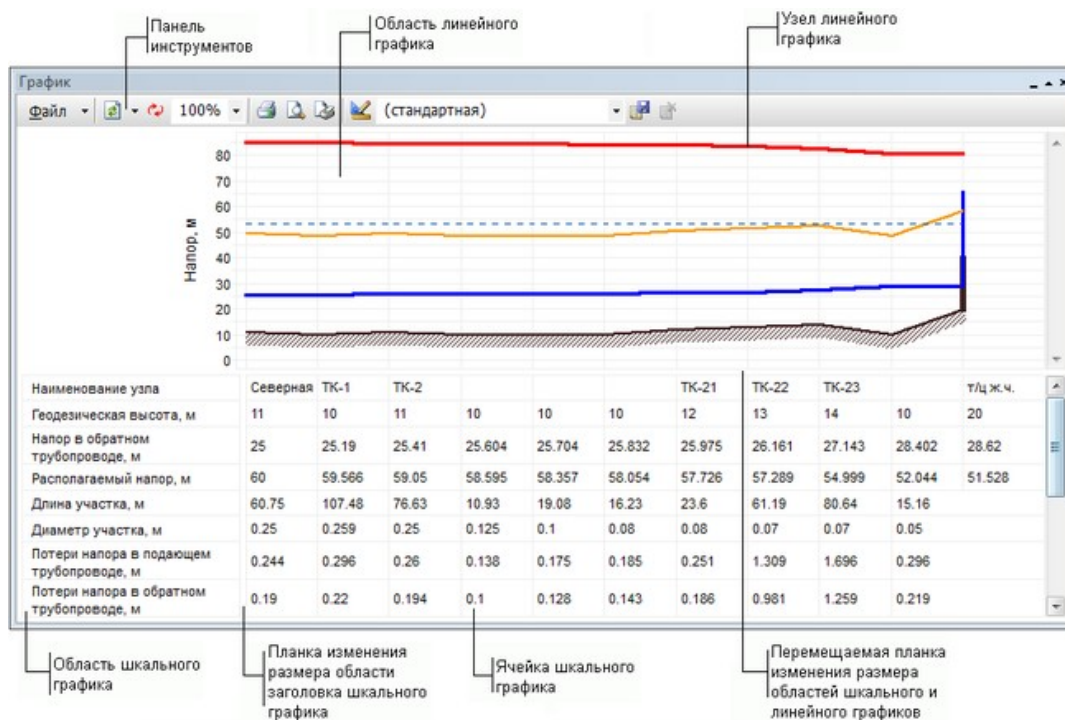


Рисунок 82 - Окно пьезометрического графика

На пьезометрическом графике отображаются (рисунок 83 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

- линия давления в подающем трубопроводе красным цветом;
- линия давления в обратном трубопроводе синим цветом;
- линия поверхности земли пунктиром;
- линия статического напора голубым пунктиром;
- линия давления вскипания оранжевым цветом.

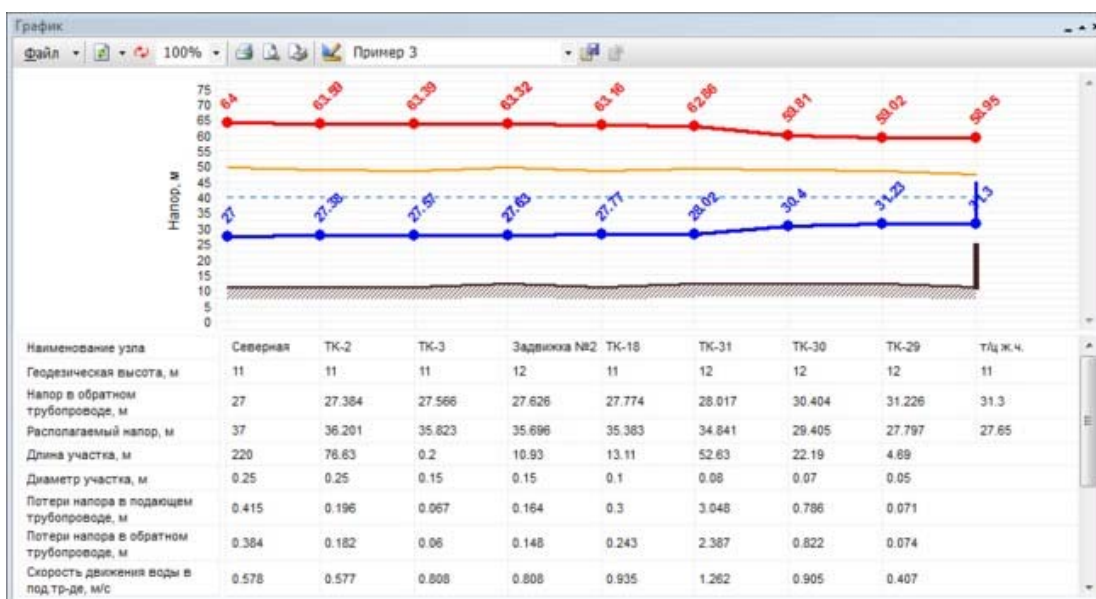


Рисунок 83 - Пример пьезометрического графика

Совмещение пьезометрических графиков выполняется в следующем порядке:

1. Выполняется построение первого пьезографика;
2. Выбирается новый путь для построения второго графика;
3. В окне «График» в основном меню выбирается команда «Добавить», после чего новый график совмещается с предыдущим. При этом первый график прорисовывается более тусклым цветом, а второй график более ярким (рисунок 84 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

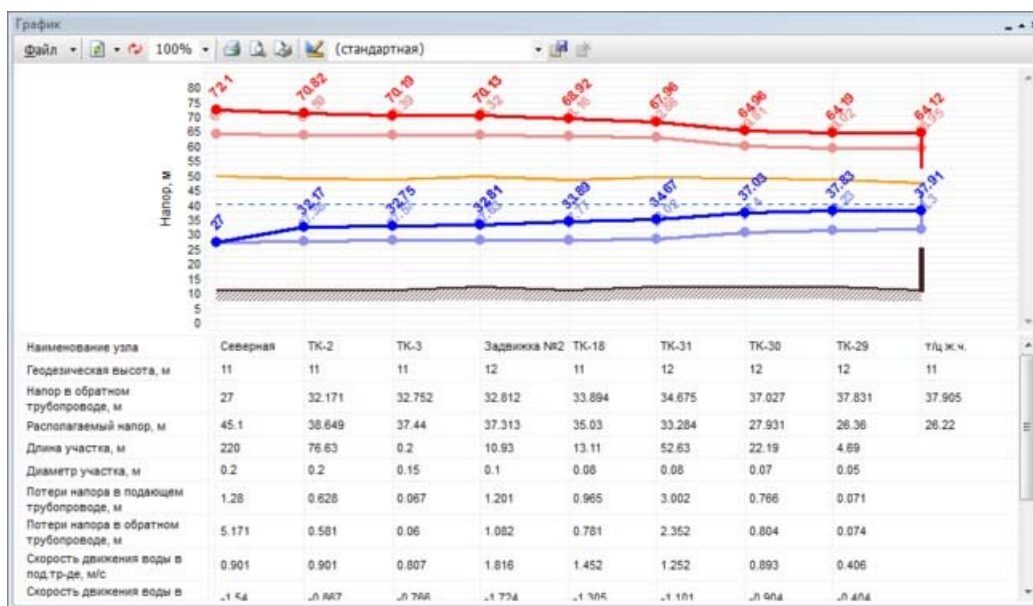


Рисунок 84 - Совмещение пьезометрических графиков

Настройка масштабирования графика выполняется путем установки курсора на заголовке окна «График». При этом масштабирование может выполняться вручную, автоматически по оси X и Y или равномерными отсчетами. При масштабировании графика выбирается способ определения длины участка:

- по масштабу с карты или по значению, записанному в поле базы данных по участкам сети. На рисунке 85 **Ошибка! Источник ссылки не найден.** приведен пример автоматически подобранного масштаба графика по оси X и Y.

При ручном масштабировании графика устанавливается маркер на строке «Соблюдать масштаб» и в правом поле вводится требуемый масштаб. Параметры отображения фона и сетки графика задаются установкой курсора в подменю «Фон и сетка» (рисунок 86).

Параметры отображения осей X и Y такие как: стиль линии, отображающей ось, количество и внешний вид делений оси, внешний вид заголовка шкалы, изме-

няются в подменю «Ось X» или «Ось Y» (рисунок 87 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

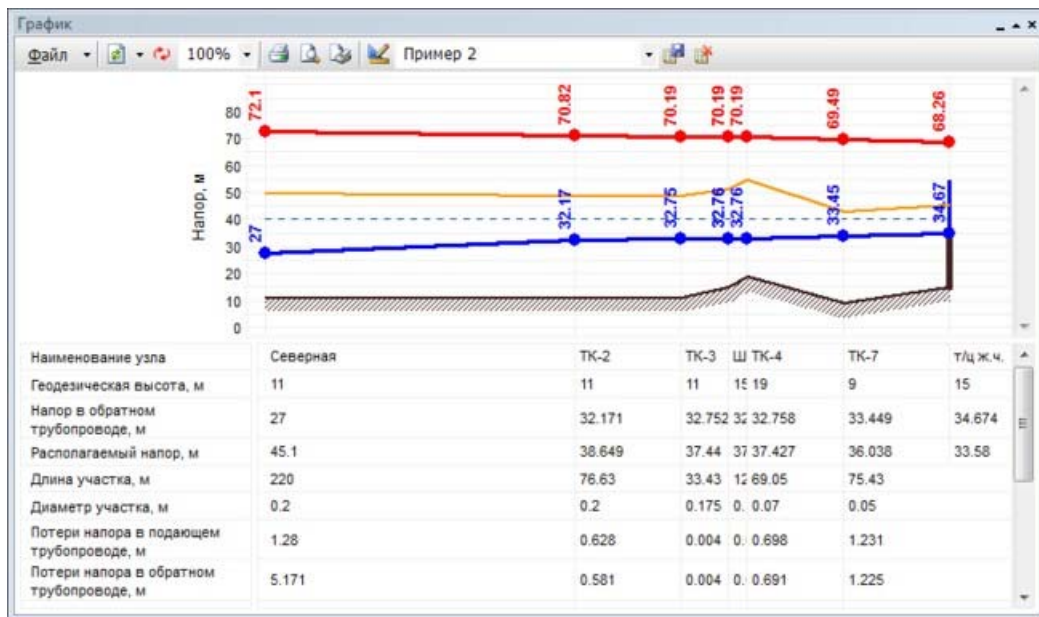


Рисунок 85 - Пример автоматического масштабирования графика

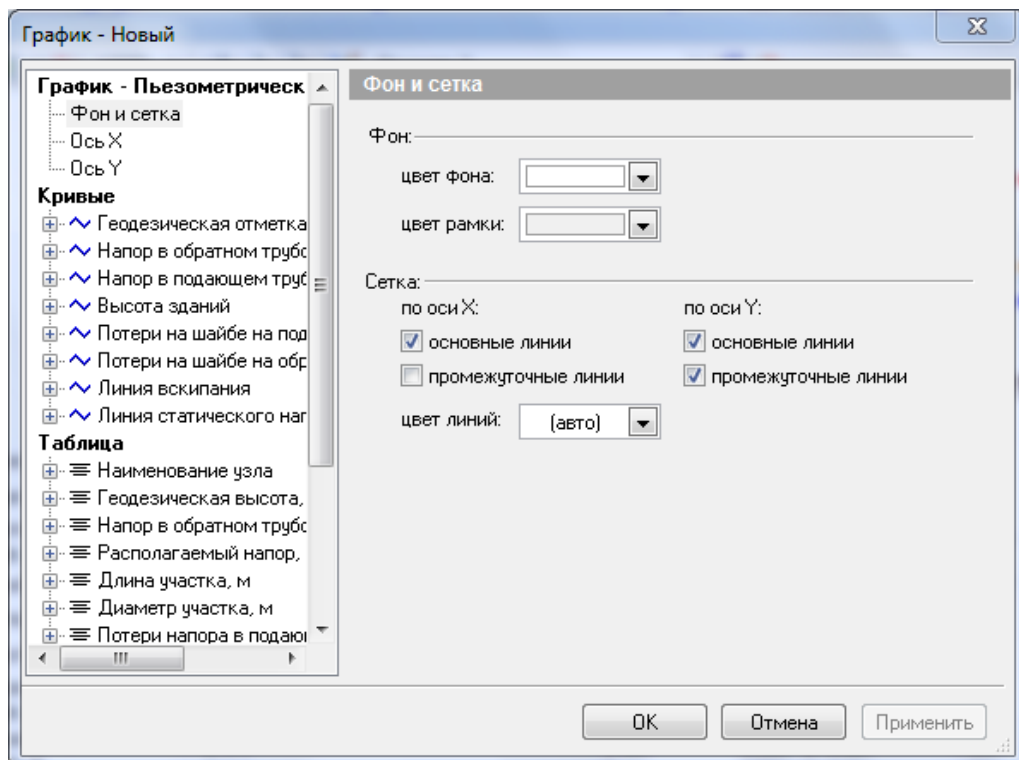


Рисунок 86 - Настройка фона и сетки

Для оси Y возможно проведение дополнительных настроек шкалы. Для этого в окне «Ось Y» выполняется вызов окна «Шкала: Напор, м (основная)» в котором и выполняется настройка шкалы оси Y (рисунок 88).

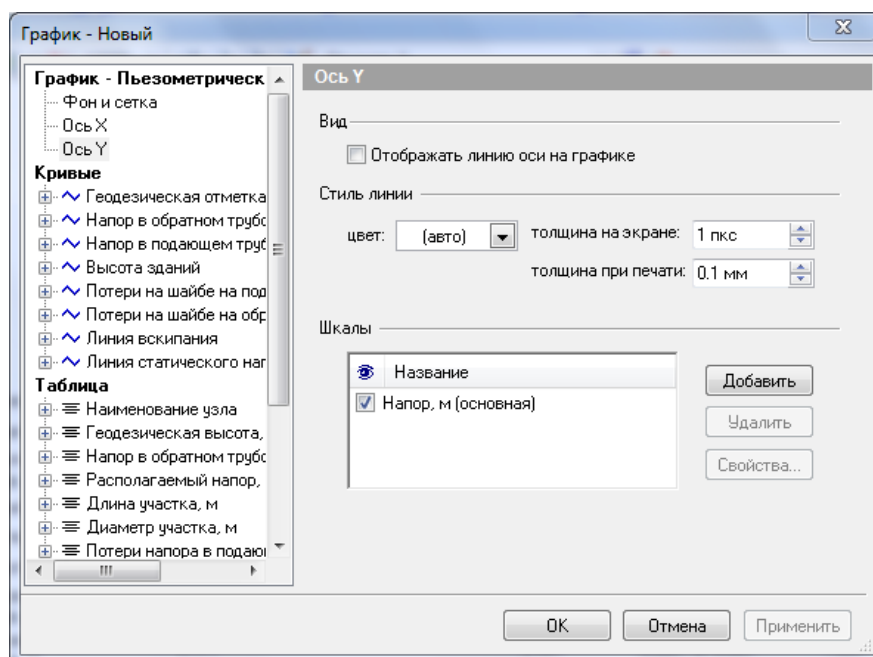


Рисунок 87 - Настройка оси Y

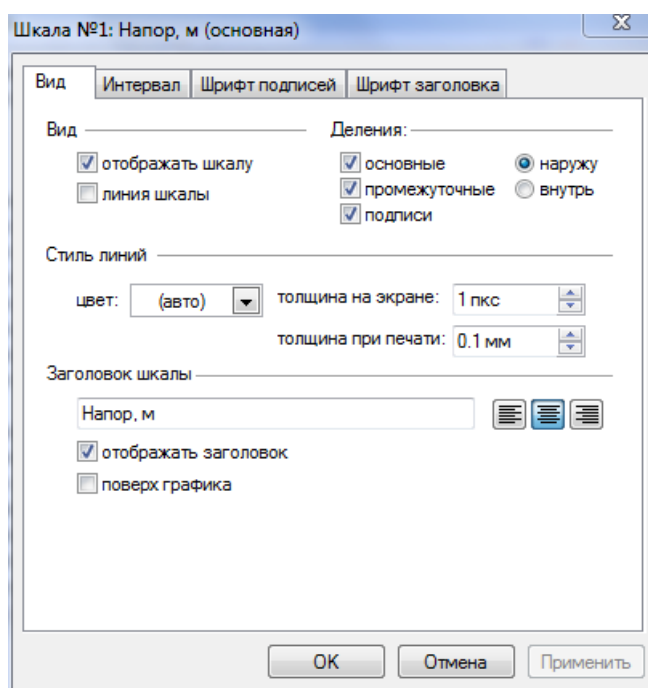


Рисунок 88 Настройка шкалы пьезографика

Аналогично выполняется настройка изображения «Кривых», а также вывода численных значений в табличную часть пьезометрического графика. Возможен экспорт графических и табличных форм вывода результатов расчета в приложения MS Office.