



**СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ГРАНИЦАХ  
ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА  
ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Книга 3**



Великий Новгород  
2014

**Заказчик: Администрация г. Великий Новгород**

**Разработчик: ООО НТЦ «Промышленная энергетика», г.Иваново**

**Разработка схемы теплоснабжения в административных  
границах Великого Новгорода на период до 2030 года**

**Книга 3. Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения  
Великого Новгорода**

Обосновывающие материалы  
016/13-03 ОМ

Великий Новгород  
2014

## СОСТАВ ПРОЕКТА

Книга	Обозначение	Содержание Книги
Книга 1	016/13-01 ОМ	Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения
Книга 2	016/13-02 ОМ	Глава 2. Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения
Книга 3	016/13-03 ОМ	Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения Великого Новгорода
Книга 4	016/13-04 ОМ	Глава 4. Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки
	016/13-05 ОМ	Глава 5. Перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей
Книга 5	016/13-06 ОМ	Глава 6. Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии
Книга 6	016/13-07 ОМ	Глава 7. Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей и сооружений на них
Книга 7	016/13-08 ОМ	Глава 8. Перспективные топливные балансы
	016/13-09 ОМ	Глава 9. Оценка надежности теплоснабжения
Книга 8	016/13-10 ОМ	Глава 10. Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение
	016/13-11 ОМ	Глава 11. Обоснование предложения по определению единой теплоснабжающей организации
Книга 9	016/13-00 СТ	Схема теплоснабжения в административных границах Великого Новгорода на период до 2030 года

## СОСТАВ КНИГИ 3

Часть	Обозначение	Наименование Части
1	016/13-03.01	Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города
2	016/13-03.02	Паспортизация объектов системы теплоснабжения
3	016/13-03.03	Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное
4	016/13-03.04	Гидравлический расчет тепловых сетей
5	016/13-03.05	Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии
6	016/13-03.06	Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку
7	016/13-03.07	Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя
8	016/13-03.08	Расчет показателей надежности теплоснабжения
9	016/13-03.09	Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения
10	016/13-03.10	Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей

## Содержание

<b>Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения Великого Новгорода.....</b>	<b>6</b>
3.1    Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города .....	6
3.2    Паспортизация объектов системы теплоснабжения .....	16
3.3    Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное .....	20
3.4    Гидравлический расчет тепловых сетей .....	21
3.5    Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии.....	38
3.6    Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку .....	38
3.7    Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя .....	38
3.8    Расчет показателей надежности теплоснабжения.....	39
3.9    Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения .....	39
3.10   Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей .....	40
Приложение 1. Руководство оператора Zulu .....	55

## Глава 3. Электронная модель системы теплоснабжения Великого Новгорода

### 3.1 Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе города

#### 3.1.1 Назначение и возможности ГИС Zulu

Электронная модель схемы теплоснабжения городского округа Великий Новгород выполнена с использованием программного комплекса ГИС Zulu, а также пакеты расчетов инженерных сетей (теплоснабжение) ZuluThermo. Геоинформационная система ГИС Zulu, разработанная компанией «Политерм», г. Санкт-Петербург, более 20 лет активно используется предприятиями сферы энергетики РФ и ближнего зарубежья для проведения расчетов в системах теплоснабжения.



**ГИС Zulu** - инструментальная геоинформационная система для создания электронных карт, планов и схем, информационно-справочных систем, включая моделирование инженерных коммуникаций и транспортных систем.



**ZuluThermo** - гидравлический расчет систем теплоснабжения. Расчет тупиковых и кольцевых сетей любой сложности, с одним или несколькими источниками, с учетом теплового баланса.

Рисунок 3.1.1 Назначение Геоинформационной системы

Геоинформационная система Zulu предназначена для разработки ГИС приложений, требующих визуализации пространственных данных в векторном и растровом виде, анализа их топологии и их связи с семантическими базами данных (рисунок 3.1.2).

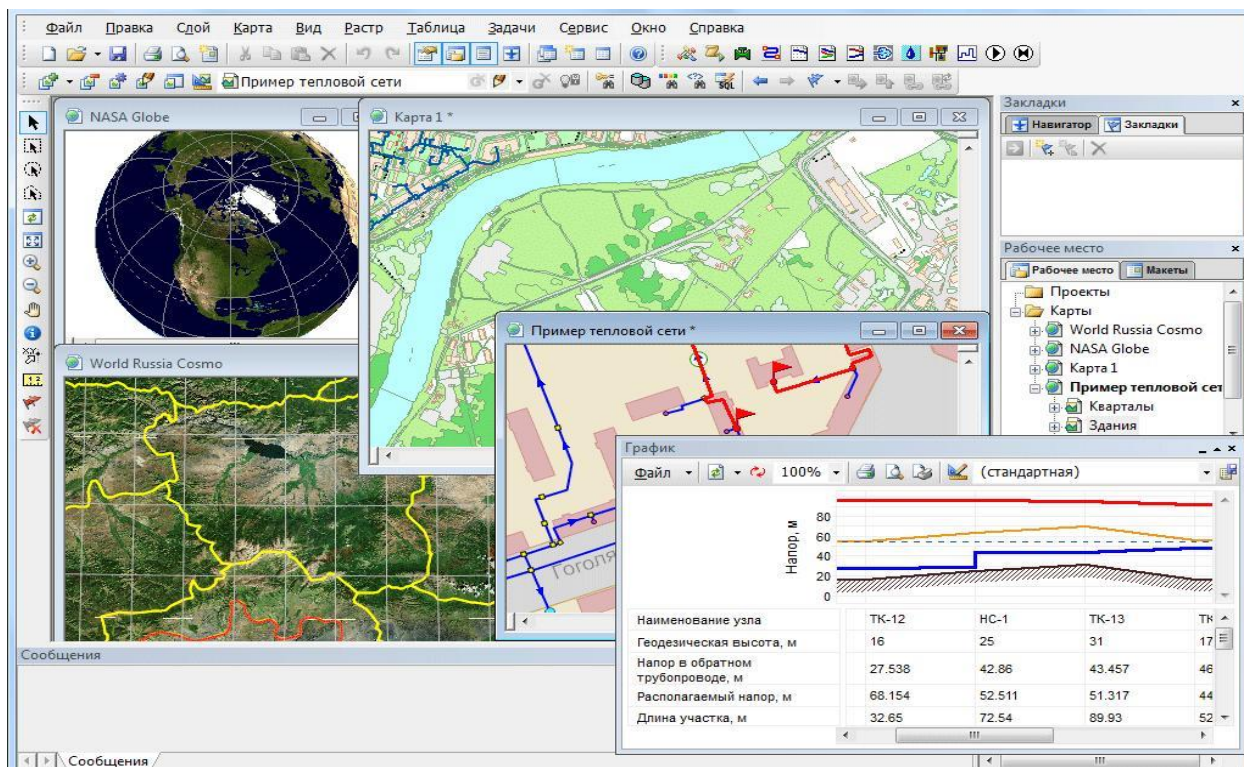


Рисунок 3.1.2 Внешний вид ГИС Zulu



С помощью Zulu можно создавать всевозможные карты в географических проекциях или план-схемы, включая карты и схемы инженерных сетей с поддержкой их топологии, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, создавать различные тематические карты, осуществлять экспорт и импорт данных.

Система обладает широкими возможностями:

- создавать карты местности в различных географических системах координат и картографических проекциях, отображать векторные графические данные со сглаживанием и без;
- осуществлять обработку растровых изображений форматов BMP, TIFF, PCX, JPG, GIF, PNG при помощи встроенного графического редактора;
- пользоваться данными с серверов, поддерживающих спецификацию WMS (Web Map Service);
- с помощью создаваемых векторных слоев с собственным бинарным форматом, обеспечивающим высокую скорость работы, векторизовать растровые изображения;
- при векторизации использовать как примитивные объекты (символьные, текстовые, линейные, площадные) так и типовые объекты, описываемые самостоятельно в структуре слоя;
- работать с семантическими данными, подключаемыми к слою из внешних источников BDE, ODBC или ADO через описатели баз данных (получать данные можно из таблиц Paradox, dBase, FoxPro; Microsoft Access; Microsoft SQL Server; ORACLE и других источников ODBC или ADO);
- выполнять запросы к базам данных с отображением результатов на карте (поиск определенной информации, нахождение суммы, максимального, минимального значения, и т.д.);
- выполнять пространственные запросы по объектам карты в соответствии со спецификациями OGC;
- создавать модель рельефа местности и строить на ее основе изолинии, зоны затопления профили и растры рельефа, рассчитывать площади и объемы;
- экспортировать данные из семантической базы или результаты запроса в электронную таблицу Microsoft Excel или страницу HTML;
- программно или по семантическим данным создавать тематические раскраски, с помощью которых меняется стиль отображения объектов;
- выводить для всех объектов слоя надписи или бирки, текст надписи может как браться из семантической базы данных, так и переопределяться программно;
- отображать объекты слоя в формате псевдо-3D позволяющем визуализироваться относительные высоты объектов (например, высоты зданий);
- создавать и использовать библиотеку графических элементов систем тепло-водо-паро-газо-электроснабжения и режимов их функционирования;
- создавать расчетные схемы инженерных коммуникаций с автоматическим формированием топологии сети и соответствующих баз данных;
- изменять топологию сетей и режимы работы ее элементов;
- решать топологические задачи (изменение состояния объектов (переключения), поиск отключающих устройств, поиск кратчайших путей, поиск связанных объектов, поиск колец);
- решать транспортные задачи с учетом правил дорожного движения;
- для быстрого перемещения в нужное место карты устанавливать закладки (закладка на точку на местности с определенным масштабом отображения и закладка на определенный объект слоя, что весьма удобно, если объект - движущийся по карте);
- с помощью проектов раскрывать структуру того или иного объекта, изображенно-

го на карте схематично;

- создавать макеты печати;
- импортировать графические данные из MapInfo (MIF/MID), AutoCAD Release 12 (DXF) и ArcView (SHP);
- экспортировать графические данные в MapInfo (MIF/MID), AutoCAD Release 12 (DXF), ArcView (SHP) и Windows Bimmap (BMP);
- создавать макросы на языках VB Script или Java Script;
- осуществлять программный доступ к данным через объектную модель для написания собственных конвертеров;
- создавать собственные приложения, работающие под управлением Zulu.

### **3.1.2 Возможности ГИС Zulu**

#### **3.1.2.1 Послойная организация данных**

Графические данные в Zulu организованы в виде слоев. Система работает со слоями следующих типов:

- векторные слои;
- растровые слои;
- слои рельефа;
- слои WMS;
- слои Tile-серверов.

Слои, отображаемые в одной карте, могут находиться либо локально на компьютере, либо

являться слоями одного или нескольких серверов ZuluServer, либо, как в случае WMS и Tiles, на серверах других производителей.

#### **3.1.2.2 Векторные данные. Стили. Классификация данных**

Система работает со следующими графическими типами векторных данных: точка (символ), линия, полилиния, поли-полилиния, полигон, поли-полигон, текстовый объект.

Редакторы символов, стилей линий и стилей заливок дают возможность задавать пользовательские параметры отображения объектов.

Векторный слой может содержать объекты разных графических типов. Для организации данных слоя можно создавать классификаторы, группирующие векторные данные по типам и режимам. Каждый тип данных внутри слоя может иметь собственную семантическую базу данных.

#### **3.1.2.3 Растровые данные**

Zulu обеспечивает одновременную работу с большим количеством растровых объектов (несколько тысяч).

Привязка раstra к местности производится по точкам либо вручную, либо в окне карты. Возможен импорт привязанных объектов из Tab (MapInfo) и Map (OziExplorer).

Корректировка раstra, методами «резиновый лист», аффинное преобразование, полиномиальное второй степени.

Задание видимой области (отсечение зарамочного оформления без преобразования раstra). При отображении растровых объектов в проекции карты, отличной от проекции привязки раstra, происходит перепроецирование точек раstra «на лету».



## СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

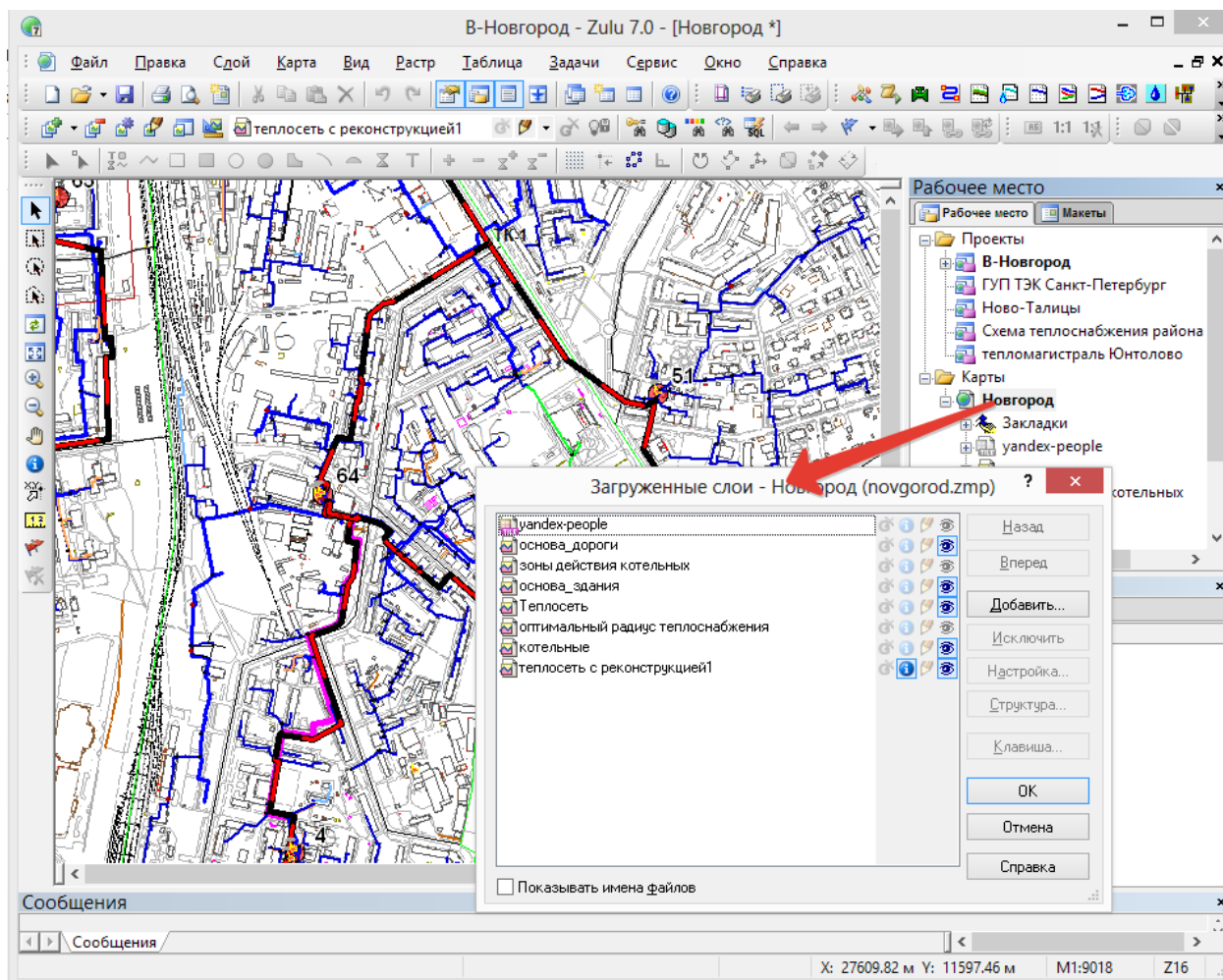


Рисунок 3.1.3 – Послойная организация данных

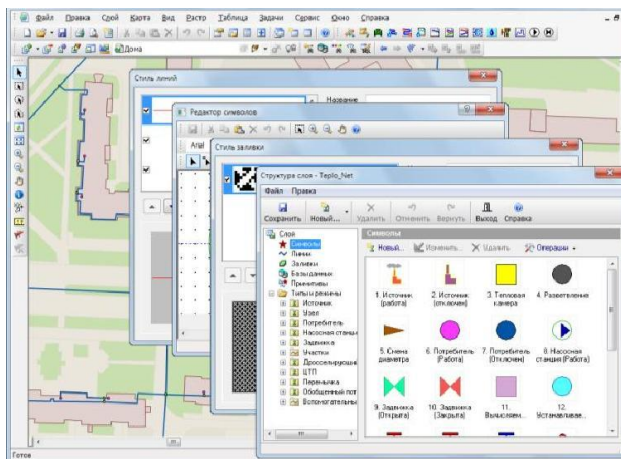


Рисунок 3.1.4 – Векторные данные

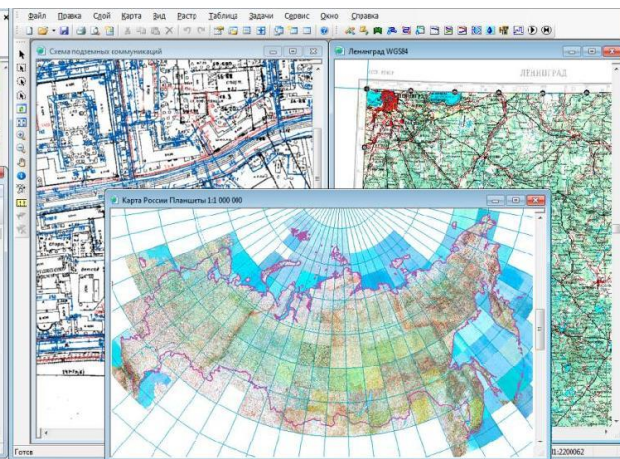


Рисунок 3.1.5 – Растровые данные

### 3.1.2.4 Работа с географическими проекциями

Zulu может работать как в локальной системе координат (план-схема), так и в одной из географических проекций. Система поддерживает более 180 датумов, в том числе ПЗ-90, СК-42, СК-95 по ГОСТ Р 51794-2001, WGS 84, WGS 72, Пулково 42, NAD27, NAD83, EUREF 89. Список поддерживаемых датумов будет расширяться.

Система предлагает набор predefined систем координат. Кроме того пользователь может задать свою систему координат с индивидуальными параметрами для под-

держиваемых системой проекций. В частности эта возможность позволит, при известных параметрах (ключах перехода), привязывать данные, хранящиеся в местной системе координат, к одной из глобальных систем координат.

Данные, хранящиеся в разных системах координат, можно отображать на одной карте, в одной из проекций. При этом пересчет координат (если он требуется) из одного датума в другой и из одной проекции в другую производится при отображении «на лету». Данные можно перепроецировать из одной системы координат в другую.

### 3.1.2.5 Семантическая информация. Работа с различными источниками данных

Семантическая информация может храниться как в локальных таблицах (Paradox, dBase), так и в базах данных Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle, MySQL, Sybase и других источников ODBC или ADO.

Для удобства доступа к семантическим данным Zulu предлагает свои «источники данных». Подобно источникам данных ODBC DSN или связям с данными OLEDB UDL эти источники данных можно использовать при добавлении таблиц в базу данных или выборе таблиц для других операций.

Источники данных могут использоваться как локально в однопользовательской версии Zulu, так и на сервере ZuluServer. В случае сервера они могут быть опубликованы и использоваться пользователями ZuluServer.

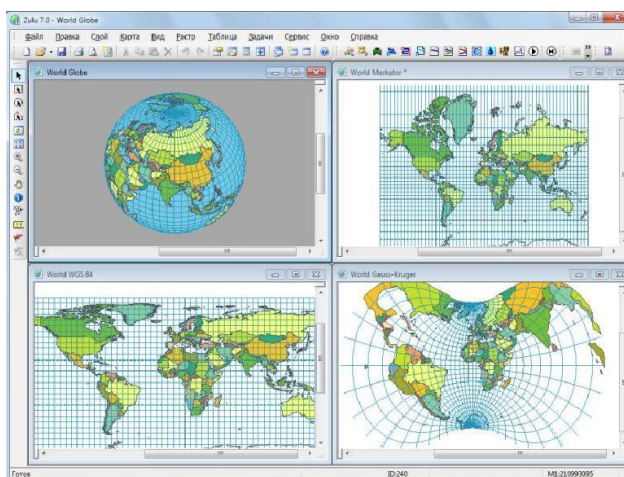


Рисунок 3.1.6 Работа с графическими проекциями

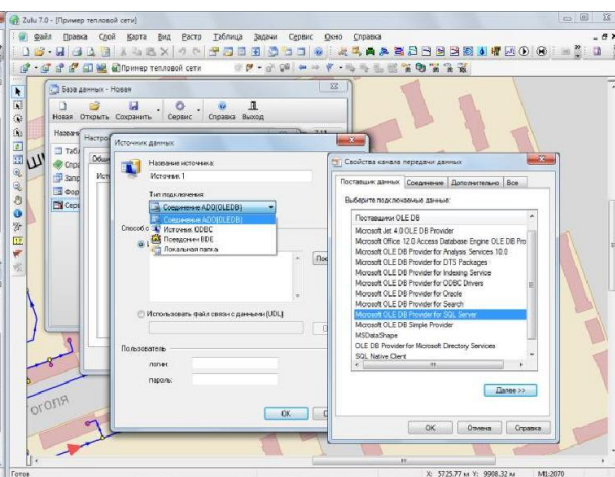


Рисунок 3.1.7 Семантическая информация

### 3.1.2.6 Генератор пространственно-семантических запросов

Zulu позволяет проводить анализ данных, включая пространственные (геометрия, площадь, длина, периметр, тип объекта, режим, цвет, текст и др.). Система позволяет делать произвольные выборки данных по заданным условиям с возможностью выделения объектов, сохранение результатов в таблицах, экспорта в Microsoft Excel. В пространственных запросах могут одновременно участвовать графические и семантические данные, относящиеся к разным слоям. Запросы могут формироваться прямо на карте, в окнах семантической информации, специальных диалогах-генераторах запросов, либо в виде запроса SQL с использованием расширения OGC.



### 3.1.2.7 Моделирование сетей и топологические задачи на сетях.

Наряду с обычным для ГИС разделением объектов на контуры, ломаные, символы, Zulu поддерживает линейно-узловую топологию, что позволяет моделировать инженерные и другие сети.

Топологическая сетевая модель представляет собой граф сети, узлами которого являются точечные объекты (колодцы, источники, задвижки, рубильники, перекрестки, потребители и т.д.), а ребрами графа являются линейные объекты (кабели, трубопроводы, участки дорожной сети и т.д.). Топологический редактор создает математическую модель графа сети непосредственно в процессе ввода (рисования) графической информации. Используя модель сети можно решать ряд топологических задач: поиск кратчайшего пути, анализ связности, анализ колец, анализ отключений, поиск отключающих устройств и т.д.

Модель сети Zulu является основой для работы наших модулей расчетов инженерных сетей ZuluThermo, ZuluHydro, ZuluGaz, ZuluSteam.

### 3.1.2.8 Моделирование рельефа

Zulu 7.0 позволяет создавать модель рельефа местности. Исходными данными для построения модели рельефа служат слои с изолиниями и высотными отметками. По этим данным строится триангуляция (триангуляция Делоне, с ограничениями, с учетом изолиний), которая сохраняется в особом типе слоя (слой рельефа).

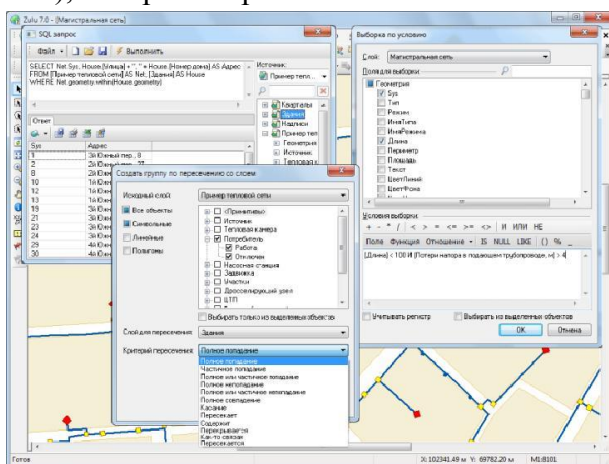


Рисунок 3.1.8 – Генератор пространственно семантических запросов

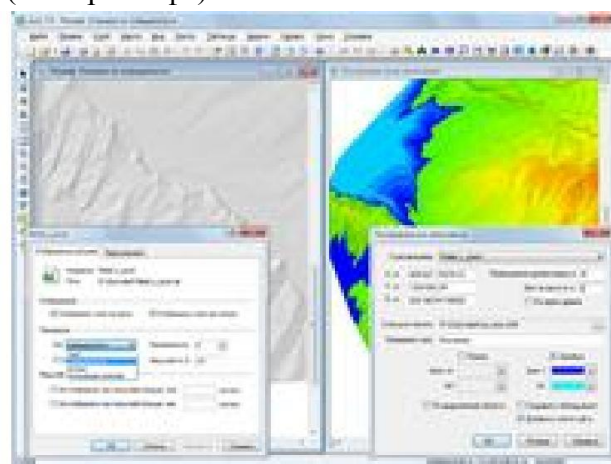


Рисунок 3.1.9 – Моделирование рельефа

Наличие модели рельефа позволяет решать следующие задачи:

- определение высоты местности в любой точке в границах триангуляции, вычисление площади поверхности заданной области, вычисление объема земляных работ по заданной области, построение изолиний с заданным шагом по высоте, построение зон затопления, построение раstra высот, построение продольного профиля (разреза) по произвольно заданному пути;
- различные способы отображение слоя рельефа: триангуляционная сетка, отмывка рельефа с заданным направлением, высотой и углом освещения, экспозиция склонов, отображение уклонов;
- автоматическое занесение данных по высотным отметкам во всех модулях инженерных расчетов (ZuluThermo, ZuluHydro, ZuluGaz, ZuluSteam).

### 3.1.2.9 Отображение полигонов в режиме псевдо-3D

В этом режиме полигональные объекты отображаются в виде призм, боковые грани которых пропорциональны заданной высоте. Высоты задаются в одном из полей семантической базы данных либо в метрах, либо количеством этажей. Можно регулировать наклон объектов, окраску боковых граней и ребер.

### 3.1.2.10 Печать. Макет печати

Печать карт производится с разными настройками. Задаются слои для печати, область печати, масштаб, количество страниц, формат и ориентация бумаги. Кроме печати карты Zulu с использованием настроек печати, есть возможность создавать печатные формы с использованием макетов печати. Макет печати служит для подготовки печатных документов, содержащих изображения карт, текст и графику. Макеты могут размещаться в составе карты Zulu, либо храниться в виде отдельных файлов макетов.

### 3.1.2.11 Импорт и экспорт данных

Zulu импортирует векторные данные из форматов DXF (Autocad), Shape (ArcView), Mif/Mid (MapInfo). Из Shape и Mif данные импортируются вместе с базами атрибутов и с учетом географической проекции. Растровые объекты импортируются из форматов Tab (MapInfo) и Map (OziExplorer). Векторные данные экспортируются в форматы DXF (Autocad), Shape (ArcView), Mif/Mid (MapInfo). В Shape и Mif данные экспортируются вместе с базами атрибутов и с учетом географической проекции.

Кроме того, всегда есть возможность использовать объектную модель Zulu для написания собственного конвертора.

### 3.1.2.12 Работа с WEB службой WMS

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

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

### 3.1.2.13 Работа со слоями Tile-серверов

Многие ГИС сервера, такие как Google maps, OpenStreetMaps, Wikimapia, Яндекс карты, Nokia maps, Космоснимки и другие, имеют возможность предоставлять картографическую информацию в виде растровых изображений, нарезанных на небольшие части - плитки или тайлы (tile). Из этих плиток формируется изображение всей территории в нескольких фиксированных масштабах. Все плитки одного масштаба образуют уровень (level). Т.е. каждая плитка одного уровня представляется на следующем уровне четырьмя плитками. Совокупность плиток всех уровней образует тайловую систему (Tile System).

Система Zulu предоставляет функциональные возможности по использованию картографических данных с таких Tile-серверов в качестве слоев карты.

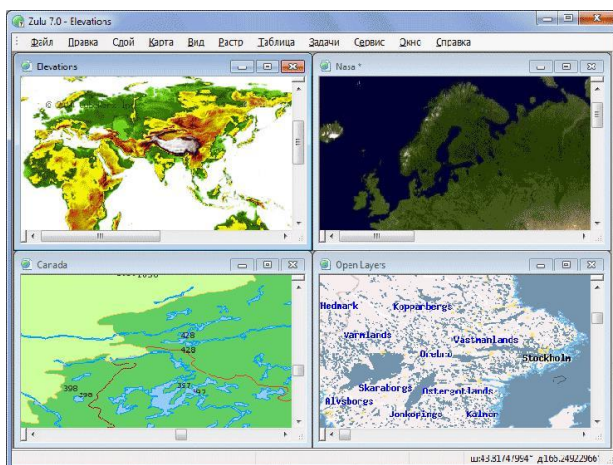


Рисунок 3.1.10 – Работа с WEB серверов

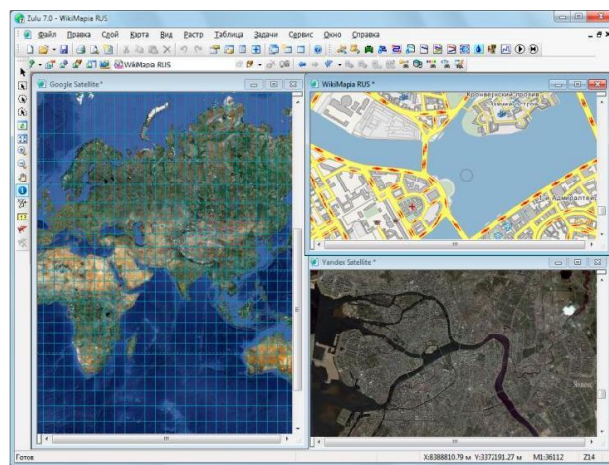


Рисунок 3.1.11 – Работа со слоями Tile-серверов

### 3.1.2.14 Открытая архитектура. Модули расширения Zulu (plug-in). Библиотека ГИС-компонентов ZuluXTools

Система спланирована для расширения как нашими продуктами, так и программами пользователей.

Архитектура plug-ins (дополнительные встраиваемые модули или модули расширения системы) позволяет использовать Zulu как ГИС-платформу (или ГИС-среду) для работы других приложений, как это сделано нами же в тепловых и водопроводных расчетах.

Кроме того в Zulu существует возможность создавать макросы на языке программирования Visual Basic Script (VBScript) и Java Script (JScript). Для быстрого вызова макросы можно назначать новым кнопкам панелей инструментов.

Для программного общения модулей расширения и сценариев с системой Zulu и данными слоев используется объектная модель Zulu на базе (COM).

На основе этой же объектной модели пользователи могут интегрировать работу с нашими данными в собственные приложения при помощи библиотеки ГИС-компонентов ZuluXTools.

### 3.1.2.15 Расчеты инженерных сетей

В виде модулей расширения Zulu, реализованы приложения для гидравлических и теплогидравлических расчетов инженерных коммуникаций и модуль для построения пьезометрических графиков:

- ZuluThermo – расчеты систем теплоснабжения;
- ZuluHydro – расчеты систем водоснабжения;
- ZuluGaz – расчеты газовых сетей;
- ZuluSteam – расчеты паропроводов.

## СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

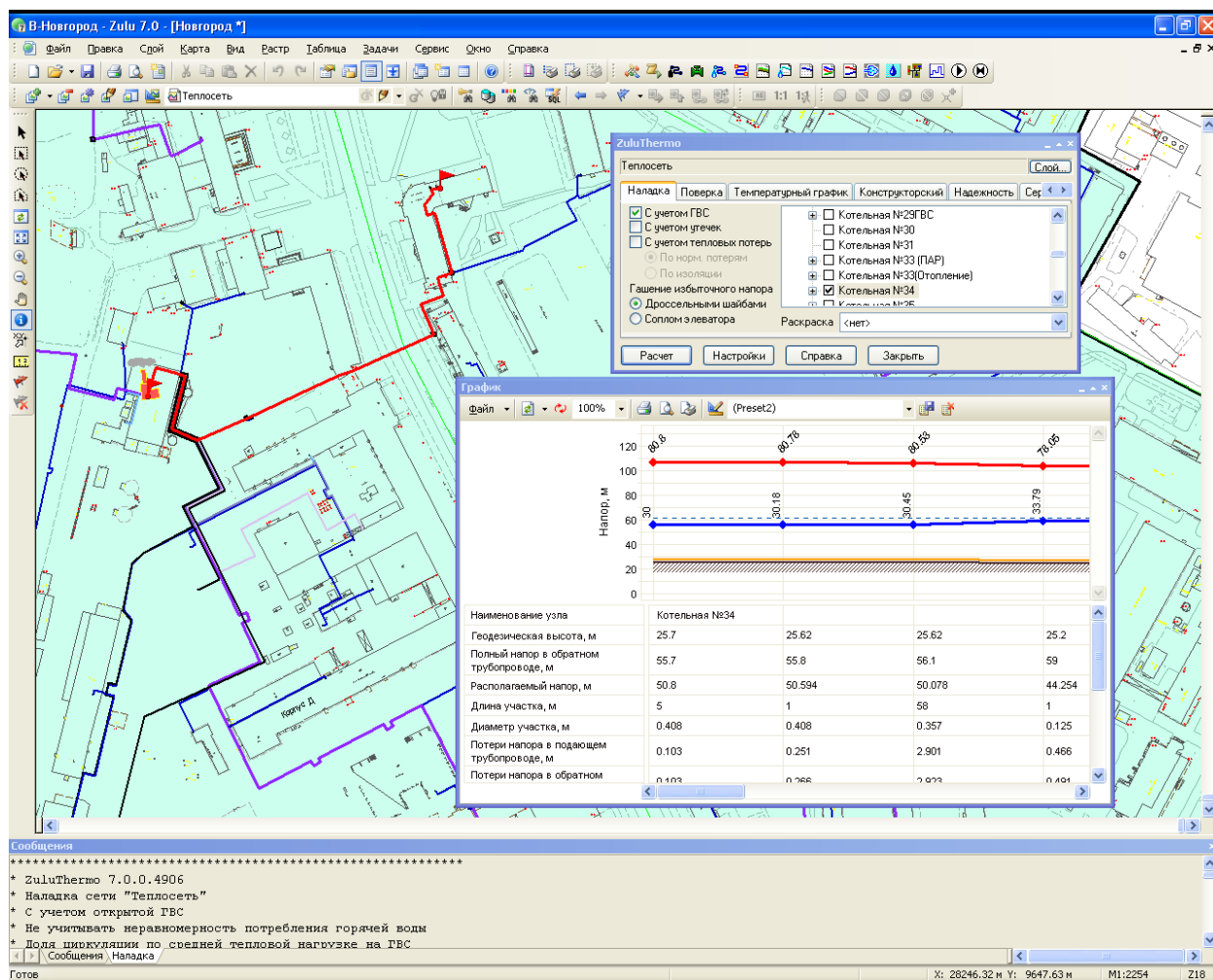


Рисунок 3.1.12 Послойная организация данных



### 3.1.3 Элементы построения тепловой сети

Математическая модель сети для проведения теплогидравлических расчетов представляет собой граф, где дугами, соединяющими узлы, являются участки трубопроводов. Несмотря на то, что на участке может быть и подающий и обратный трубопровод, пользователь изображает участок сети в одну линию. Это внешнее представление сети.

Перед началом расчета внешнее представление сети, в зависимости от типов и режимов элементов, составляющих сеть, преобразуется (кодируется) во внутреннее представление, по которому и проводится расчет.

Вот пример простой сети из одного источника, тепловой камеры и двух потребителей во внешнем и внутреннем представлениях:

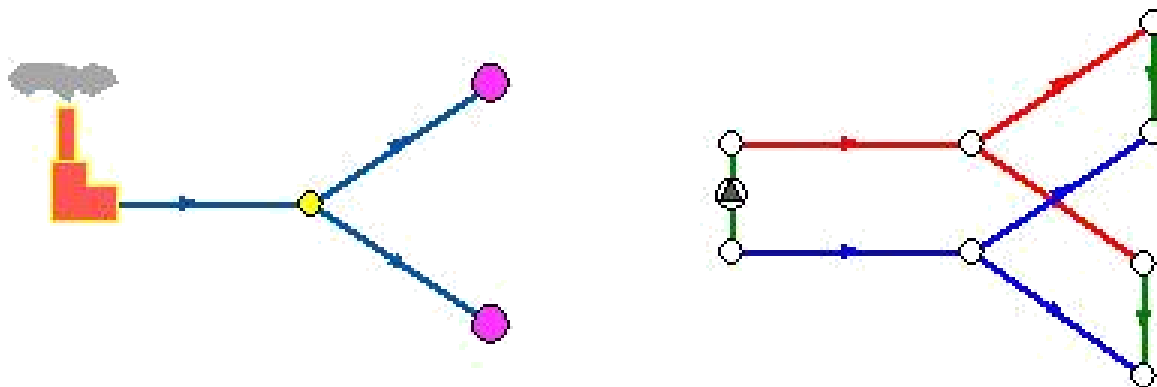


Рисунок 3.1.13 Пример простой сети из одного источника

На расчетной схеме красным цветом условно обозначены участки подающего трубопровода, синим - обратного, зеленым - участки соединяющие подающий и обратный трубопроводы. Источник изображен участком со стрелкой в кружке. Так будем изображать участки на которых действует устройство, повышающее давление (например, насос).

Подробное описание всех исходных данных каждого элемента сети приведено в методике теплогидравлических расчетов. Здесь мы просто коротко опишем что из себя те «кубики», из которых можно составить тепловую сеть любого размера и сложности:

- участки
- простые узлы;
- потребители;
- ЦТП;
- источник;
- перемычки;
- насосные станции;
- дроссельная шайба;
- регулятор давления;
- регулятор напора;
- регулятор расхода.

Более подробная информация по элементам и принципам построения тепловой сети в Zulu Thermo представлена в Томе 3 Приложении 2.

### 3.2 Паспортизация объектов системы теплоснабжения

Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo способен решать широкий ряд задач, в том числе и паспортизацию объектов сети. В Zulu Thermo имеется возможность как добавлять информацию к объектам системы теплоснабжения (источники, участки тепловой сети, тепловые камеры/ЦТП, потребители), так и отображать добавленные семантические данные на схеме (рисунок 3.2.1).

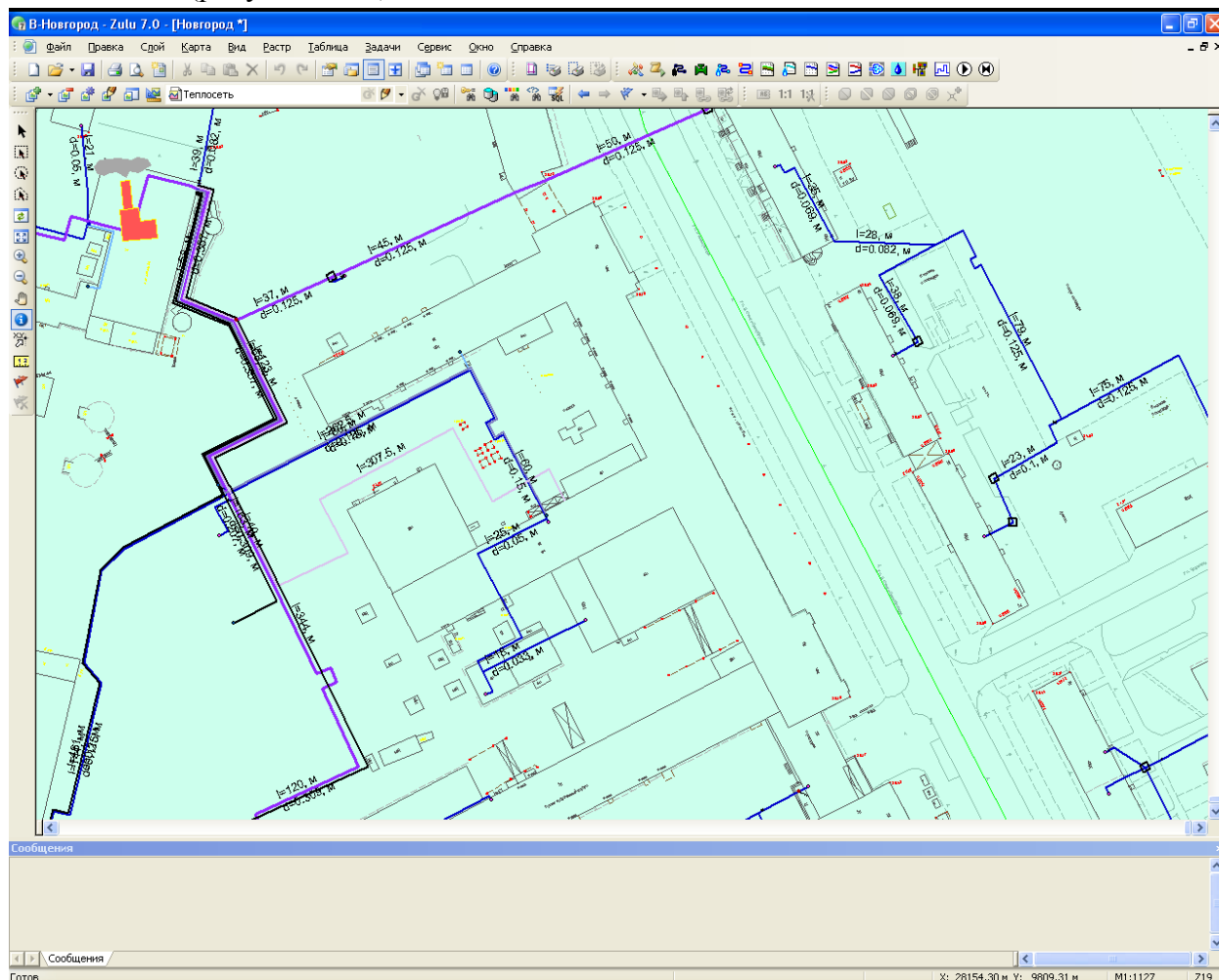


Рисунок 3.2.1 Отображение семантических данных на схеме тепловой сети

Такие документы, как паспорт теплового пункта и паспорт тепловой сети можно полностью перенести в модель, вложив информацию внутрь объектов. Таким образом, электронная модель помимо функциональных возможностей по моделированию режимов работы тепловой сети, переключениям и т.д. позволяет хранить информацию об элементах системы теплоснабжения (рисунок 3.2.2).

Паспортизация таких объектов как ЦТП и Источники в Zulu Thermo выполненная в основном энергетическими показателями (утс. мощность, температурный график, принципиальная схема работы и т.д.). Для полноценной паспортизации котельного, теплообменного и насосного оборудования с указанием теплотехнических характеристик необходим комплекс «Zulu ПРК Источник».

В Новгороде - Zulu 7.0 - [Новгород]

Файл Правка Свой Карта Вид Растр Таблица Задачи Сервис Справка

Теплосеть

Свойства

Текстуальная запись	Запрос	База	Отчет
Наименование предприятия			МУП теплоэнерго
Наименование источника			Котельная №34
Номер источника			34
Географическая отметка, м			25.7
Расчетная температура в подающем трубопроводе, °C			105
Расчетная температура холодной воды, °C			5
Расчетная температура наружного воздуха, °C			-27
Текущая температура воды в подающем труде, °C			105
Текущая температура наружного воздуха, °C			-27
Расчетный расход: напор на выходе из источника, м			50.8
Расчетный напор в обратн. труде на источнике, м			55.7
Режим работы источника			
Максимальный расход на подлучку, т/ч			
Установленная тепловая мощность, Гкал			
Текущий расход: напор на выходе из источника, м			50.8
Напор в подающем труде, м			106.5
Давление в подающем труде, м			80.8
Текущий напор в обратн. труде на источнике, м			55.7
Давление в обратном труде, м			30
Продолжительность работы системы теплоснабжения (...)>5000 часов в год			
Среднедневная температура воды в под. труде, °C			58.9
Среднедневная температура воды в обр. труде, °C			39.6
Среднедневная температура грунта, °C			6.4
Среднедневная температура наружного воздуха, °C			5.31
Среднедневная температура воздуха в подвалах, °C			10
Текущая температура грунта, °C			9.8
Текущая температура воздуха в подвалах, °C			15
Расчетная нагрузка на отопление, Гкал/час			20.66479
Расчетная нагрузка на вентиляцию, Гкал/час			0.18639
Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/час			4.0737
Текущая нагрузка на отопление, Гкал/час			20.66479
Текущая нагрузка на вентиляцию, Гкал/час			0.18639
Текущая нагрузка на ГВС, Гкал/час			4.0737
Суточная тепловая нагрузка, Гкал/час			26.83324
Температура на выходе из источника, °C			105
Текущая температура воды в обратном труде, °C			82.154
Расход сетевой воды на СО, т/ч			760.578
Расход сетевой воды на СВ, т/ч			6.873
Расход сетевой воды на отгр. ГВС, т/ч			0
Суточный расход сетевой воды в под. тр., т/ч			1167.07
Расход воды на утечку из сист. теплоснабж., т/ч			1.283
Расход воды на утечку из подлучки, т/ч			2.206
Расход сетевой воды на утечку из под. тр., т/ч			0.461
Расход сетевой воды на утечку из обр. тр., т/ч			0.462

Сообщения

Готов

X: 28348.22 м Y: 9652.61 м M: 12254

Текущая запись	Запрос	База	Ответ
Номер источника			34
Наименование начала участка			
Наименование конца участка			
Длина участка, м			13.3
Внутренний диаметр подающего трубопровода, м			0.125
Внутренний диаметр обратного трубопровода, м			0.125
Сумма коэф. местных сопротивлений под. трад			0
Местные сопротивления под.трад			0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;...
Сумма коэф. местных сопротивлений обр. трад			0
Местные сопротивления обр.трад			0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;...
Шероховатость подающего трубопровода, мм			0.5
Шероховатость обратного трубопровода, мм			0.5
Зарастание подающего трубопровода, мм			
Зарастание обратного трубопровода, мм			
Коэффициент местного сопротивления под.трад			1
Коэффициент местного сопротивления обр.трад			1
Сопротивление подающего трад, м/(т/ч)²			
Сопротивление обратного трад, м/(т/ч)²			
Разделитель зон статического напора			
Вид прокладки тепловой сети			Подземная канальная
Инвентарный номер			31863
Материал трубопровода подача			сталь
Материал трубопровода обратка			сталь
Период работы сети			всегда
Год прокладки трубопровода			
Дата ремонта подающего трад			01.11.2009
Дата ремонта обратного трад			01.11.2009
Назначение участка			Теплоснабжение
Баланс			1
Нормативные потери в тепловой сети (1-4)			2003 год
Поправочный коэф. на нормы тепловые потер.			стать
Поправочный коэф. на нормы тепловые потер.			1
Вид грунта			
Глубина заложения трубопровода, м			
Теплоизоляционный материал под.трад (1-39)			Пенополиуретан в по...
Теплоизоляционный материал обр.трад (1-39)			Пенополиуретан в по...
Толщина изоляции подающего трад, м			
Толщина изоляции обратного трад, м			
Техническое состояние изоляции под.трад (1-8)			
Техническое состояние изоляции обр.трад (1-8)			
Расстояние между осями трубопроводов, м			
Высота канала, м			
Ширина канала, м			
Дополнительные потери тепла обр.трад, ккал			
Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч			54.043
Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч			-53.9265
Потери напора в подающем трубопроводе, м			0.233
Потери напора в обратном трубопроводе, м			0.232
Удельные линейные потери напора в под.трад, м			17.493
Удельные линейные потери напора в обр.трад, м			17.418
Скорость движения воды в под.трад, м/с			1.255
Скорость движения воды в обр.трад, м/с			-1.252

НТЦ ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

## СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

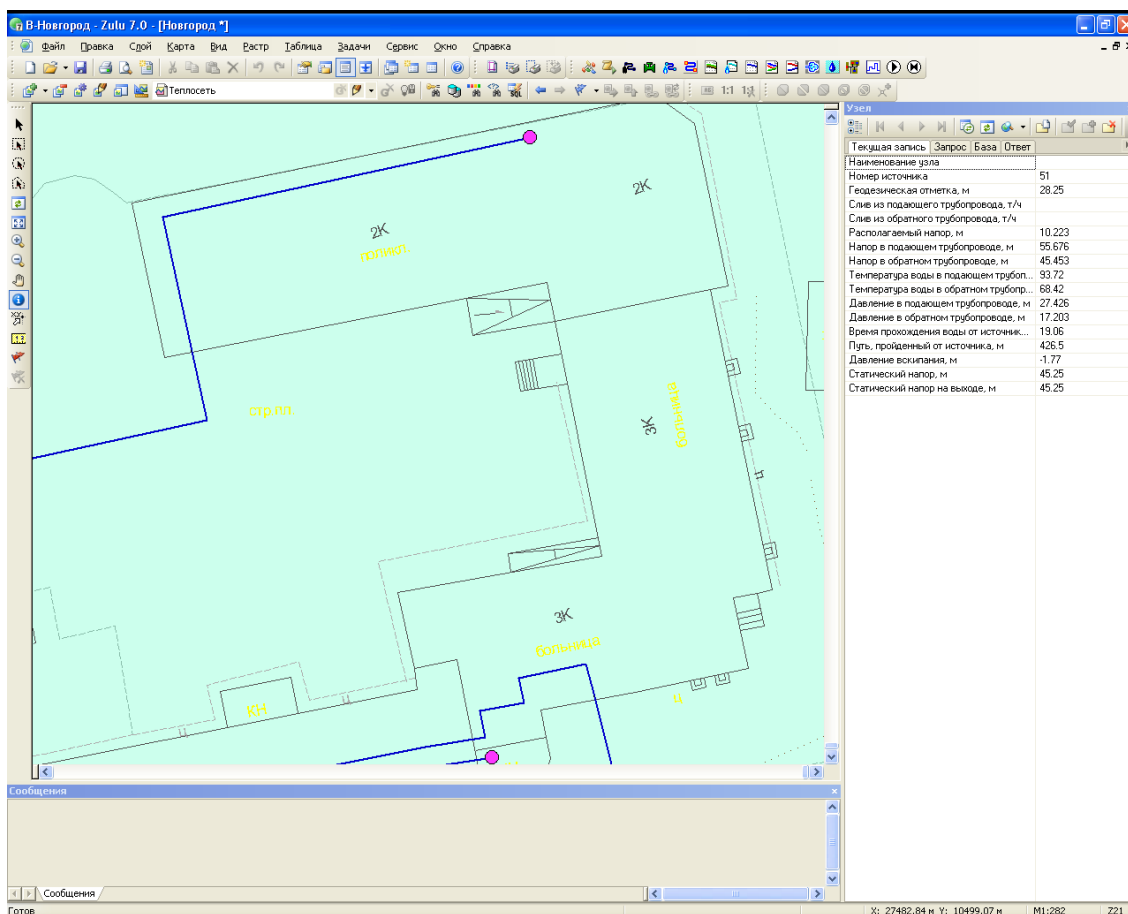


Рисунок 3.2.4 Данные, содержащиеся в модели по объекту узел (тепловая камера/тепловой пункт)

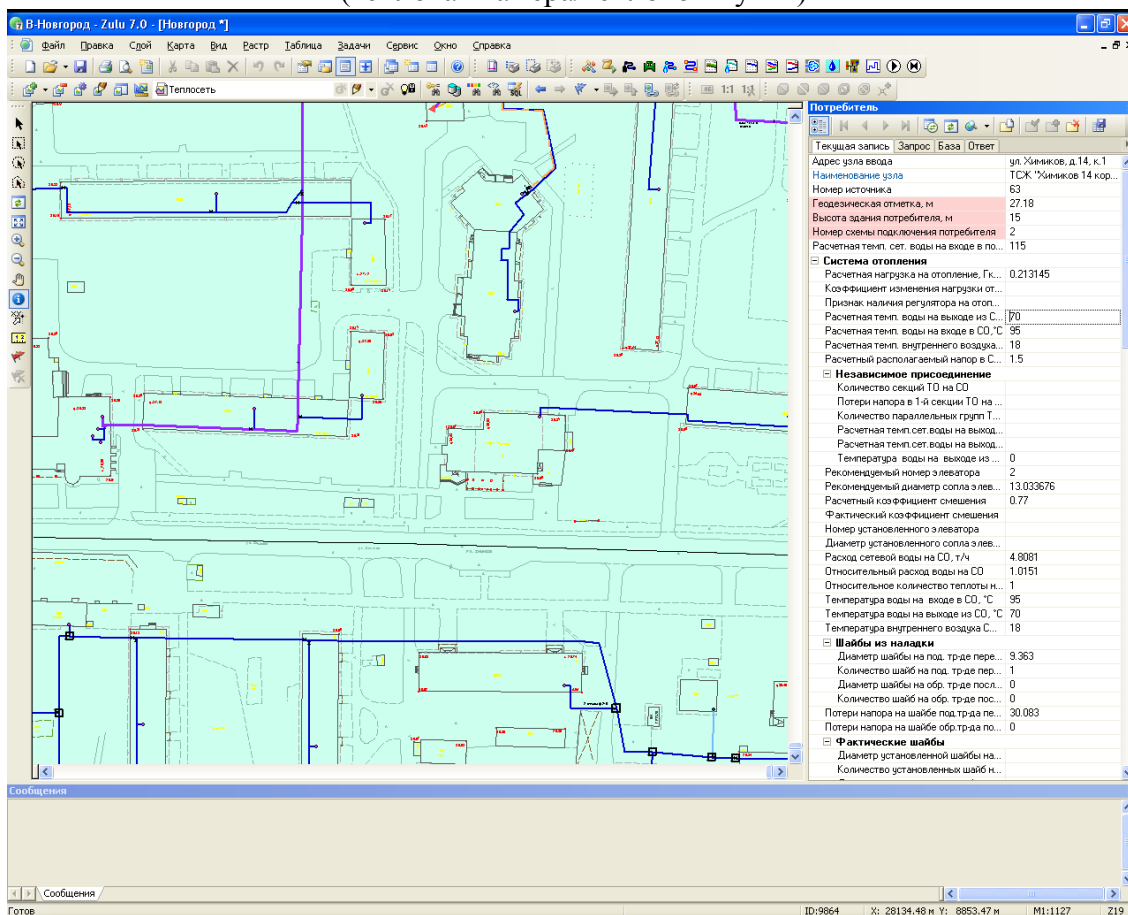


Рисунок 3.2.5 Данные, содержащиеся в модели по объекту потребитель

Кроме типизированных таблиц базы данных расчетных элементов сети могут редактироваться. Можно добавить пользовательские поля базы данных в зависимости от потребностей, а также выгружать данные в удобном для себя виде. Таким образом базу данных по объектам тепловой сети можно довести до необходимой наполненности согласно Правилам технической эксплуатации тепловых энергоустановок, утвержденные Приказом Минэнерго РФ от 24.03.2003 N 115, с возможностью составления соответствующих отчетов.

«Полная паспортизация объектов сети.» выполненная в программном комплексе Zulu ГИС раскрывает широкие возможности. К примеру:

- каждый объект имеет свой уникальный номер;
- известны паспортные данные по всем объектам. В том числе - схемы всех колодцев, камер, насосных станций или ЦТП; расходы, напоры и схемы подключения потребителей; суточные графики водопотребления и работы насосных и т.д.;
- имеется возможность осуществлять поиск объектов по любому запросу, как по пространственным, так и по табличным данным;
- можно просматривать состояние объектов (открыта или нет задвижка, работает ли насос, подключен ли потребитель);
- можно автоматически формировать отчеты по любому из объектов сети, сводные отчеты по всей сети в целом или же по части территории (поквартально, порайонно).

Без внедрения ГИС проведение полной паспортизации труднодостижимо даже в малом городе. На составление же сложных отчетов могут уходить дни, если не недели.

В настоящее время МУП «Теплоэнерго» произвела огромную работу по внедрению подопечных тепловых сетей в Zulu ГИС, и уже много лет успешно моделирует процесс развития схемы теплоснабжения.

### 3.3 Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное

Ниже представлен перечень основных возможностей, которые позволяет делать ГИС

Zulu:

- создавать карты местности в различных географических системах координат и картографических проекциях, отображать векторные графические данные со сглаживанием и без;
- осуществлять обработку растровых изображений форматов BMP, TIFF, PCX, JPG, GIF, PNG при помощи встроенного графического редактора;
- пользоваться данными с серверов, поддерживающих спецификацию WMS (Web Map Service);
- с помощью создаваемых векторных слоев с собственным бинарным форматом, обеспечивающим высокую скорость работы, векторизовать растровые изображения;
- при векторизации использовать как примитивные объекты (символьные, текстовые, линейные, площадные) так и типовые объекты, описываемые самостоятельно в структуре слоя;
- работать с семантическими данными, подключаемыми к слою из внешних источников BDE, ODBC или ADO через описатели баз данных (получать данные можно из таблиц Paradox, dBase, FoxPro; Microsoft Access; Microsoft SQL Server; ORACLE и других источников ODBC или ADO);
- выполнять запросы к базам данных с отображением результатов на карте (поиск определенной информации, нахождение суммы, максимального, минимального значения, и т.д.);
- выполнять пространственные запросы по объектам карты в соответствии со спецификациями OGC;
- создавать модель рельефа местности и строить на ее основе изолинии, зоны затопления профили и растры рельефа, рассчитывать площади и объемы;
- импортировать графические данные из MapInfo (MIF/MID), AutoCAD Release 12 (DXF) и ArcView (SHP);
- Экспортировать графические данные в MapInfo (MIF/MID), AutoCAD Release 12 (DXF), ArcView (SHP) и Windows Bitmap (BMP).

Используя вышеуказанные средства ГИС Zulu, имеется возможность проводить паспортизацию и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное.



### 3.4 Гидравлический расчет тепловых сетей

Теплоснабжение города Великий Новгород обеспечивается несколькими теплоснабжающими организациями. Основной организацией, обеспечивающей почти 95% потребности жилого фонда в тепловой энергии, является муниципальное унитарное предприятие МУП «Теплоэнерго».

Основными теплоисточниками МУП «Теплоэнерго» являются 3 крупные котельные, единичной тепловой мощностью свыше 50 Гкал/час, 25 котельных мощностью от 10 до 50 Гкал/час, остальные котельные имеют мощность менее 10 Гкал/час. Основной вид топлива – газ, резервное – мазут.

В 2013 году на баланс МУП «Теплоэнерго» переданы 9 автономных котельных, ранее принадлежащих ООО "Теплоэнергосервис", суммарной установленной мощностью 16 Гкал/час. Размещение котельных – крышные, встроенные или пристроенные. Все котельные автоматизированные, работают без обслуживающего персонала.

Промышленные предприятия в основном обеспечиваются тепловой энергией от собственных котельных, а также от теплоэлектроцентрали ОАО ТГК-2 (Новгородская ТЭЦ).

ОАО ТГК-2 Новгородская ТЭЦ работает для теплоснабжения химического комплекса «Акрон» и ряда других предприятий, расположенных в промышленной зоне. Более 80% подключенной нагрузки на ТЭЦ - в паре.

ООО "Новострой" эксплуатирует три отопительных котельных по ул. Шелонская, и по ул. Космонавтов и жилой комплекс «Луговой». Также ООО «Новострой» эксплуатирует котельную д. Григорово. Ввиду того что генпланом развития города предусмотрено расширение границ города за д. Григорово, то котельную в данном отчете принимаем к рассмотрению.

Функциональная структура централизованного теплоснабжения города представляет разделенное между разными юридическими лицами производство тепловой энергии и ее транспорт до потребителя.

Необходимость в проведении работ по анализу гидравлического режима выполнялась в соответствии с требованиями к разработке схемы теплоснабжения с учетом следующих особенностей:

- подключения перспективных абонентов к системе теплоснабжения;
- пересчету существующей модели тепловых сетей города с договорными нагрузками потребителей на их фактические нагрузки.

Выполнение всех мероприятий, обеспечит качественное теплоснабжение объектов, представленных в данном техническом отчёте.

#### 3.4.1 Тепловая сеть и местные системы теплопотребления

Тепловая сеть четырехтрубная, радиальная.

Прокладка в основном подземная – с компенсацией тепловых удлинений П-образными компенсаторами и углами естественных поворотов, сальниковыми и сильфонными компенсаторами. Присоединение к тепловым сетям местных систем отопления преимущественно по зависимой схеме, за исключением нескольких потребителей с независимой схемой. Системы отопления смонтированы по 2-х трубной, тупиковой схеме, а система ГВС также выполнена в 2-х трубном исполнении с подготовкой воды на котельных, ЦТП и непосредственно у потребителя по закрытой схеме.

### 3.4.2 Тепловые нагрузки

Расчётные тепловые нагрузки на отопление – это расходы тепла при расчётной температуре наружного воздуха, принимаемой для данного района и вида теплопотребления. Расчётные тепловые и весовые нагрузки являются исходными данными для определения расходов теплоносителя в расчётных условиях.

Расчётная температура наружного воздуха в отопительный период для города Великий Новгород принята  $T_{p.n.} = - 27^{\circ}\text{C}$ .

В одноконтурных схемах потребители тепловой энергии подключены непосредственно к распределительным тепловым сетям по зависимой схеме. В домах, подключенных к котельным с температурным графиком  $95/70^{\circ}\text{C}$ , изменение температуры теплоносителя не происходит. В домах, присоединенных к магистрали с повышенным температурным графиком, температура теплоносителя понижается в ИТП до нормативных значений. При наличии нагрузки горячего водоснабжения в одноконтурных системах теплоснабжения она подключается по закрытой схеме.

Эксплуатацию основных тепловых сетей, ЦТП, внутриквартальных тепловых сетей и части ИТП выполняет МУП «Теплоэнерго», которое осуществляет ведение тепловых и гидравлических режимов отпуска теплоты в тепловые сети в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Расчётные фактические тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС рассчитывались в соответствии с приказом Министерства Регионального развития РФ от 28.12.2009 № 610.

### 3.4.3 Гидравлический расчёт

После составления расчётных схем (электронной модели) производился гидравлический расчёт местных систем теплоснабжения с учетом понижения тепловых нагрузок потребителей до фактического значения.

Задачей гидравлического расчёта трубопроводов является определение фактических гидравлических сопротивлений основных магистралей и суммы сопротивлений по участкам, начиная от теплового ввода и до каждого теплопотребителя.

Фактические суммарные потери давления на участке складываются из фактических линейных и местных потерь.

$$\Delta P_c = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \text{ м вод. ст} \quad (1)$$

Фактические линейные потери давления на участке определяются произведением фактических удельных линейных потерь давления  $R_{\text{ф}}$  на длину участка  $l$ .

$$\Delta P_{\text{л}} = R_{\text{ф}} \cdot l, \text{ м вод. ст} \quad (2)$$

Фактические удельные линейные потери давления  $R_{\text{ф}}$  вычислялись с учётом фактической эквивалентной шероховатости трубопроводов по формуле:

$$\Delta P_{\text{л}} = R_{\text{т}} \cdot \beta, \text{ м вод. ст} \quad (3)$$

где  $R_{\text{т}}$  – удельные линейные потери давления при эквивалентной шероховатости  $K = 0,5 \text{ мм}$ ;

$\beta$  – поправочный коэффициент, определяемый по таблице, в зависимости от фактической эквивалентной шероховатости и диаметров трубопроводов.

Удельные потери давления на трение вычислялись по формуле:

$$R_{\text{т}} = \lambda \cdot \frac{V^2 \cdot \gamma \cdot G^2}{2 \cdot q \cdot D_{\text{в}}} \quad (4)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;

$V$  – скорость теплоносителя, м/с;

$\gamma$  – плотность теплоносителя на расчётном участке трубопровода, кгс/м<sup>3</sup>;

$q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$D_{\text{т}}$  – внутренний диаметр трубы, м;

$G$  – расчётный расход теплоносителя на расчётном участке, т/ч.

Коэффициент гидравлического трения определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \cdot l \cdot q \cdot \frac{d_{\text{т}}}{K_{\text{экв}}}\right) \cdot 2} \quad (5)$$

где  $K_{\text{экв}}$  – эквивалентная шероховатость трубы, принимаемая для вновь прокладываемых труб водяных тепловых сетей  $K_{\text{экв}} = 1,0 \text{ мм}$ .

Задачей гидравлического расчёта трубопроводов наружной тепловой сети является определение фактического гидравлического сопротивления каждого участка и суммы сопротивлений по участкам, начиная от источника и до каждого теплопотребителя.

Для проведения гидравлического расчёта была составлена расчётная схема наружной тепловой сети, с нанесением диаметров, длин трубопроводов и расходов теплоносителя от котельной до всех теплопотребителей. Схема выполнена однолинейной.

После составления расчётной схемы производился гидравлический расчёт наружной тепловой сети.

Фактические суммарные потери давления на участке складываются из фактических линейных и местных потерь.

$$\Delta P_c = \Delta P_l + \Delta P_m, \text{ м вод. ст} \quad (6)$$

Фактические линейные потери давления на участке определяются произведением фактических удельных линейных потерь давления  $R_\phi$  на длину участка  $l$ .

$$\Delta P_l = R_\phi \cdot l, \text{ мм вод. ст} \quad (7)$$

Фактические удельные линейные потери давления  $R_\phi$  вычислялись с учётом фактической эквивалентной шероховатости трубопроводов по формуле:

$$R_T = R_t \cdot \beta, \text{ мм вод. ст} \quad (8)$$

где  $R_t$  – удельные линейные потери давления при эквивалентной шероховатости

$K = 1,0$  мм;

$\beta$  – поправочный коэффициент, определяемый по таблице, в зависимости от фактической эквивалентной шероховатости и диаметров трубопроводов.

Удельные потери давления на трение вычислялись по формуле:

$$R_T = \lambda \cdot \frac{V^2 \cdot \gamma \cdot G^2}{2 \cdot q \cdot D_v} \quad (9)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;

$V$  – скорость теплоносителя, м/с;

$\gamma$  – плотность теплоносителя на расчётном участке трубопровода, кгс/м<sup>3</sup>;

$q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$D_v$  – внутренний диаметр трубы, м.;

$G$  – расчётный расход теплоносителя на расчётном участке, т/ч.

Коэффициент гидравлического трения определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 + 2 \cdot l \cdot q \cdot \frac{d_t}{K_{эке}}) \cdot 2} \quad (10)$$

где  $K_{эке}$  – эквивалентная шероховатость трубы принимаемая для вновь прокладываемых труб водяных тепловых сетей  $K_{эке} = 1,0$  мм.

Для адаптации электронной модели тепловых сетей к фактическим значениям потерь напора на тех или иных магистральных сетях использовался метод подбора шероховатости таким образом, чтобы максимально приблизиться к фактическому перепаду давлений в контрольных точках. С учетом вышесказанного шероховатость принималась от

1,0 до 3,0 мм. Также был введен поправочный коэффициент для компенсации суммы местных сопротивлений, который принимался по СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» в зависимости от типов компенсаторов и диаметров трубопроводов. Расчет производился в программном комплексе ZuluThermo.

### 3.4.4 Общие сведения о Zulu Thermo

Пакет ZuluThermo позволяет создать расчетную математическую модель сети, заполнить паспортизацию сети, и на основе созданной модели решать информационные задачи, задачи топологического анализа, и выполнять различные теплогидравлические расчеты.

Расчету подлежат тупиковые и кольцевые тепловые сети, в том числе с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников.

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

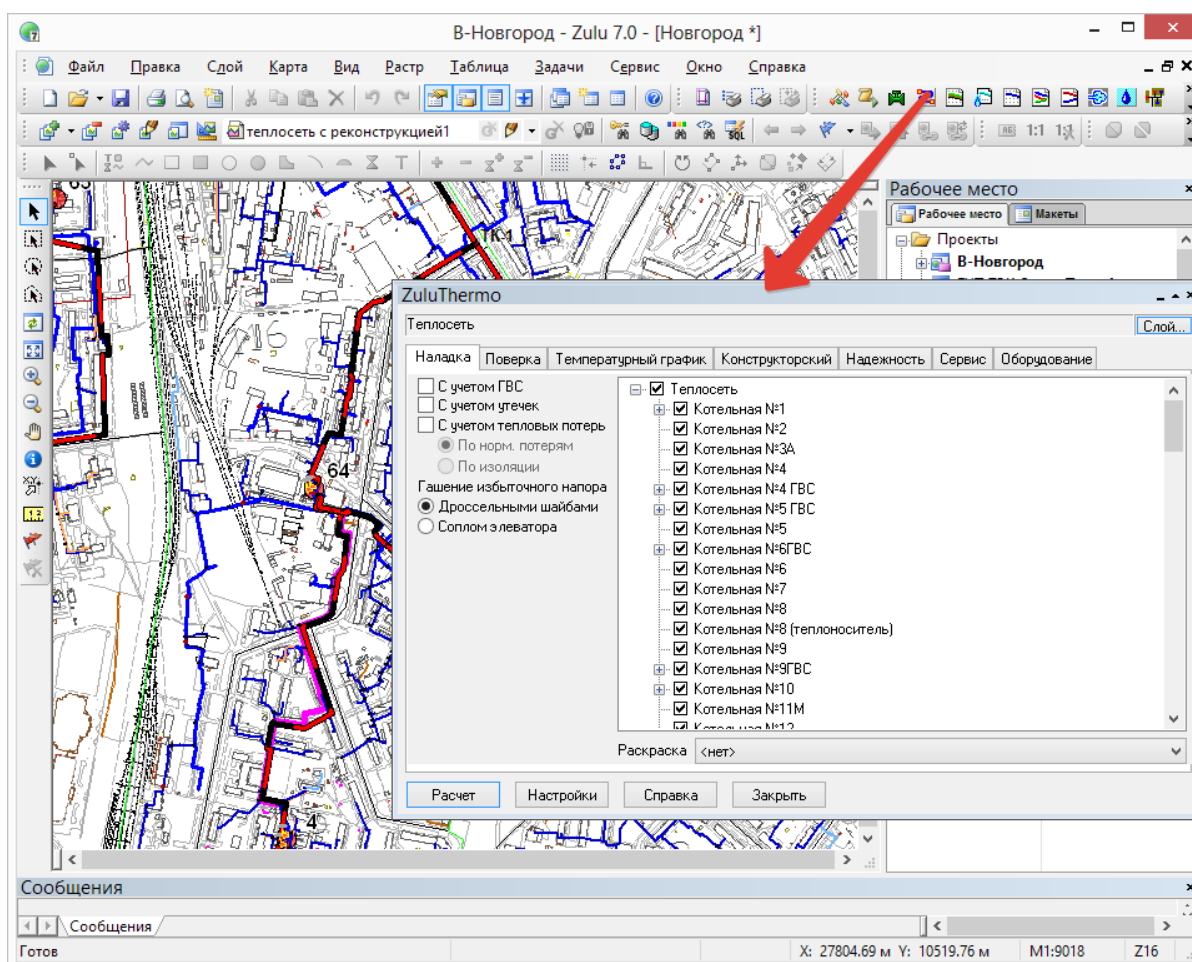


Рисунок 3.4.1 Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo

Расчет систем теплоснабжения может производиться с учетом утечек из тепловой сети и систем теплопотребления, а также тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети.

Расчет тепловых потерь ведется либо по нормативным потерям, либо по фактическому состоянию изоляции.

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

В настоящий момент продукт существует в следующих вариантах:

- ZuluThermo - расчеты тепловых сетей для ГИС Zulu;
- ZuluArcThermo - расчеты тепловых сетей для ESRI ArcGIS;
- ZuluNetTools - ActiveX-компоненты для расчетов инженерных сетей.

### **3.4.5 Возможности Zulu Thermo при выполнении гидравлических расчетов**

Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo способен решать следующий ряд задач:

- построение расчетной модели тепловой сети;
- паспортизация объектов сети;
- наладочный расчет тепловой сети;
- поверочный расчет тепловой сети;
- конструкторский расчет тепловой сети;
- расчет требуемой температуры на источнике;
- коммутационные задачи;
- построение пьезометрического графика;
- расчет нормативных потерь тепла через изоляцию.

#### **Построение расчетной модели тепловой сети**

При работе в геоинформационной системе сеть достаточно просто и быстро заносится с помощью мышки или по координатам. При этом сразу формируется расчетная модель. Остается лишь задать расчетные параметры объектов и нажать кнопку выполнения расчета.

### **3.4.6 Наладочный расчет тепловой сети**

Целью наладочного расчета является обеспечение потребителей расчетным количеством воды и тепловой энергии. В результате расчета осуществляется подбор элеваторов и их сопел, производится расчет смесительных и дросселирующих устройств, определяется количество и место установки дроссельных шайб. Расчет может производиться при известном располагаемом напоре на источнике и его автоматическом подборе в случае, если заданного напора не достаточно.

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

Дросселирование избыточных напоров на абонентских вводах производят с помощью сопел элеваторов и дроссельных шайб. Дроссельные шайбы перед абонентскими вводами устанавливаются автоматически на подающем, обратном или обоих трубопроводах в зависимости от необходимого для системы гидравлического режима. При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

### **3.4.7 Поверочный расчет тепловой сети**



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

Созданная математическая имитационная модель системы теплоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы системы, а также прогнозировать изменение температуры внутреннего воздуха у потребителей. Расчеты могут проводиться при различных исходных данных, в том числе аварийных ситуациях, например, отключении отдельных участков тепловой сети, передачи воды и тепловой энергии от одного источника к другому по одному из трубопроводов и т.д.

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

#### **3.4.8 Конструкторский расчет тепловой сети**

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

Данная задача может быть использована при выдаче разрешения на подключение потребителей к тепловой сети, так как в качестве источника может выступать любой узел системы теплоснабжения, например тепловая камера. Для более гибкого решения данной задачи предусмотрена возможность изменения скорости движения воды по участкам тепловой сети, что приводит к изменению диаметров трубопровода, а значит и располагаемого напора в точке подключения.

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

#### **3.4.9 Расчет требуемой температуры на источнике**

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

#### **3.4.10 Коммутационные задачи**

Анализ отключений, переключений, поиск ближайшей запорной арматуры, отключающей участок от источников, или полностью изолирующей участок и т.д.

#### **3.4.11 Пьезометрический график**

Целью построения пьезометрического графика является наглядная иллюстрация результатов гидравлического расчета (наладочного, поверочного, конструкторского). При этом на экран выводятся:

- линия давления в подающем трубопроводе;
- линия давления в обратном трубопроводе;
- линия поверхности земли;
- линия потерь напора на шайбе;
- высота здания;
- линия вскипания;
- линия статического напора.

Цвет и стиль линий задаются пользователем (рисунок 3.4.2).

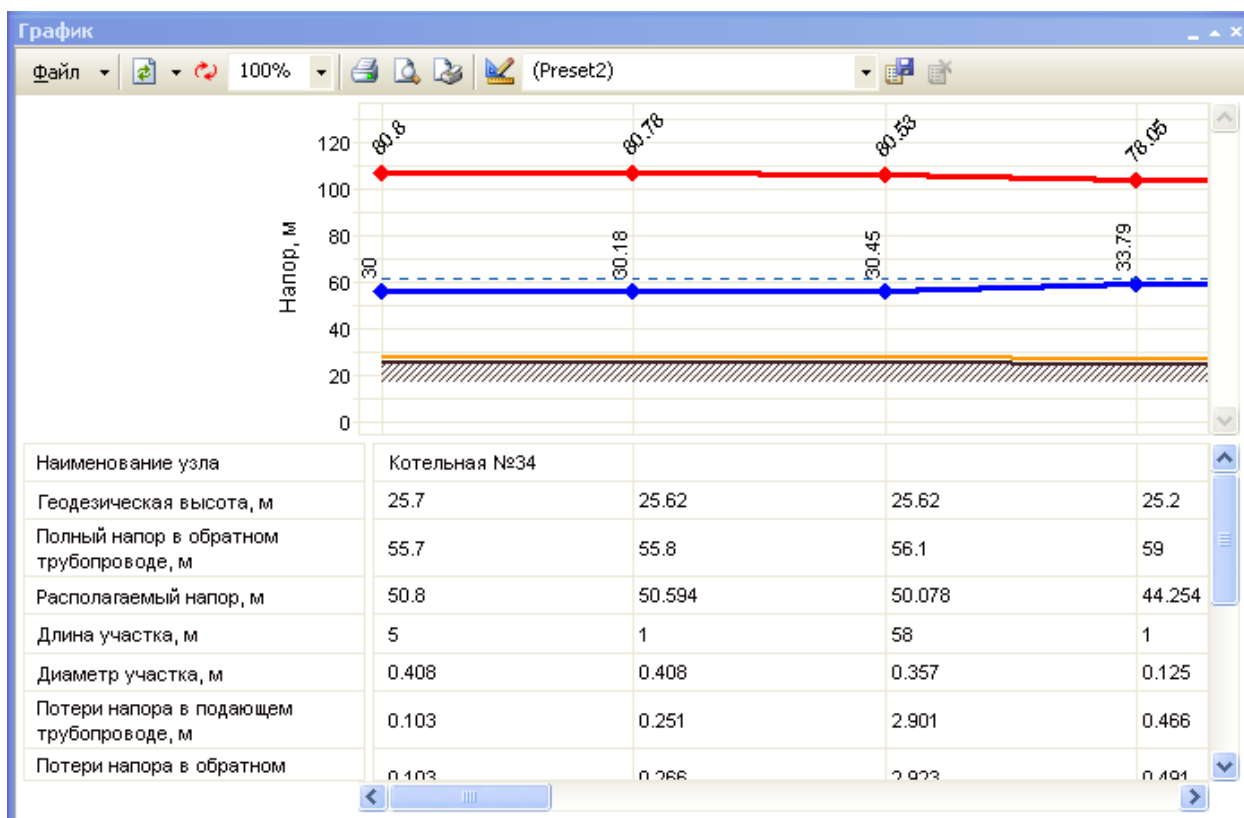


Рисунок 3.4.2 Пример оформления пьезометрического графика

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

### 3.4.12 Гидравлический расчет в проекте

Для разработки мероприятий модернизации схемы теплоснабжения города В.Новгород в настоящем проекте использовалось математическое моделирование для присчитывания предлагаемых решений.

Согласно СП 124.13330.2012 «ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ» решения по перспективному развитию систем теплоснабжения населенных пунктов, промышленных узлов, групп промышленных предприятий, районов и других административно-территориальных образований, а также отдельных СЦТ следует разрабатывать в схемах теплоснабжения. При разработке схем теплоснабжения расчетные тепловые нагрузки определяются для существующей застройки населенных пунктов и действующих промышленных предприятий – по проектам с уточнением по фактическим тепловым нагрузкам. Поэтому тепловые нагрузки для объединения были актуализированы на основании анализа эксплуатационных показателей за прошлые годы работы.

Для предлагаемых объединений тепловые сети существующих котельных объединены в виде обобщенных потребителей с уточненными тепловыми нагрузками.

В математической модели была построена укрупнённая модель работы предлагаемой схемы. Прокладка магистралей производилась по местам наиболее вероятного расположения. Использовался принцип сопрокладки (совместное прокладывания старых и новых трубопроводов с минимальной модернизацией каналов и мет прокладки), минимизируя разработку новых мест прокладки, а соответственно издержек на их реализацию (в т.ч. на геологические изыскания). Прокладка производилась с привязкой к картографической основе, и соответствующим расчетом длин трубопроводов.

На основании проведенных гидравлических расчетов были выбраны диаметры предлагаемых к строительству трубопроводов и необходимые выходные параметры давления на источниках для их совместной работы.

#### **Закольцовка 12 котельных МУП «Теплоэнерго» на правом берегу р. Волхов**

Данное мероприятие предполагает объединить в единую систему теплоснабжения сети, обслуживаемые котельными №8, №9, №15, №17, №21, №23, №27, №30, №39, №43а, №49 и №68, расположенными в центральной части города на правом берегу р. Волхов.

В рамках данного мероприятия предлагается в качестве рабочих оставить котельные №30, №43а и №49, а остальные котельные перевести в режим ЦТП.

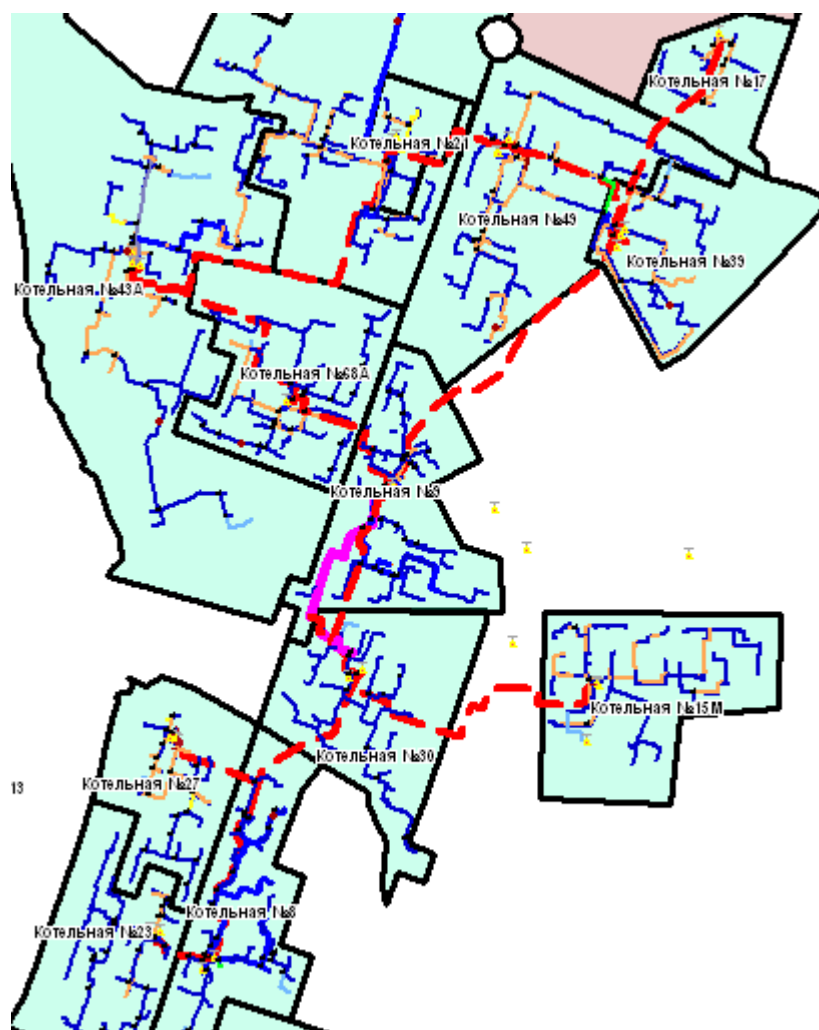


Рисунок 3.4.3 Графическое изображение предлагаемой схемы из математической модели Zulu

\*\*\* Объединения 12 котельных \*\*\*

Источник ID=43009 Котельная №30 Рек:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	32.500, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	32.181, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.23043, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.08869, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	538.046, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	538.046, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	538.046, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	56.200, м
Давление в обратном трубопроводе	21.200, м
Располагаемый напор	35.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.596, °C

Источник ID=43026 Котельная №43 Рек:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	20.105, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	19.957, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.12112, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.02696, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	333.622, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	333.622, т/ч

Расход воды на обобщенные потребители	333.622, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	54.500, м
Давление в обратном трубопроводе	19.500, м
Располагаемый напор	35.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.736, °C
Источник ID=43032 Котельная №49 Рек:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	28.593, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	28.425, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.08738, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.07189, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	474.331, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	474.331, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	474.331, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	55.000, м
Давление в обратном трубопроводе	20.000, м
Располагаемый напор	35.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.718, °C
Суммарно по источникам:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	81.199, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	80.564, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.43893, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.18754, Гкал/ч
Расход воды на обобщенные потребители	1346.000, т/ч
Расчет окончен!	

### **Закольцовка тепловых сетей котельных в центре города**

Данное мероприятие предполагает закольцовку котельных, расположенных в центральной части города на правом берегу р. Волхов котельные № 7, 20, 31 и 52М, на левом берегу р. Волхов котельные №1, 2 и 14.

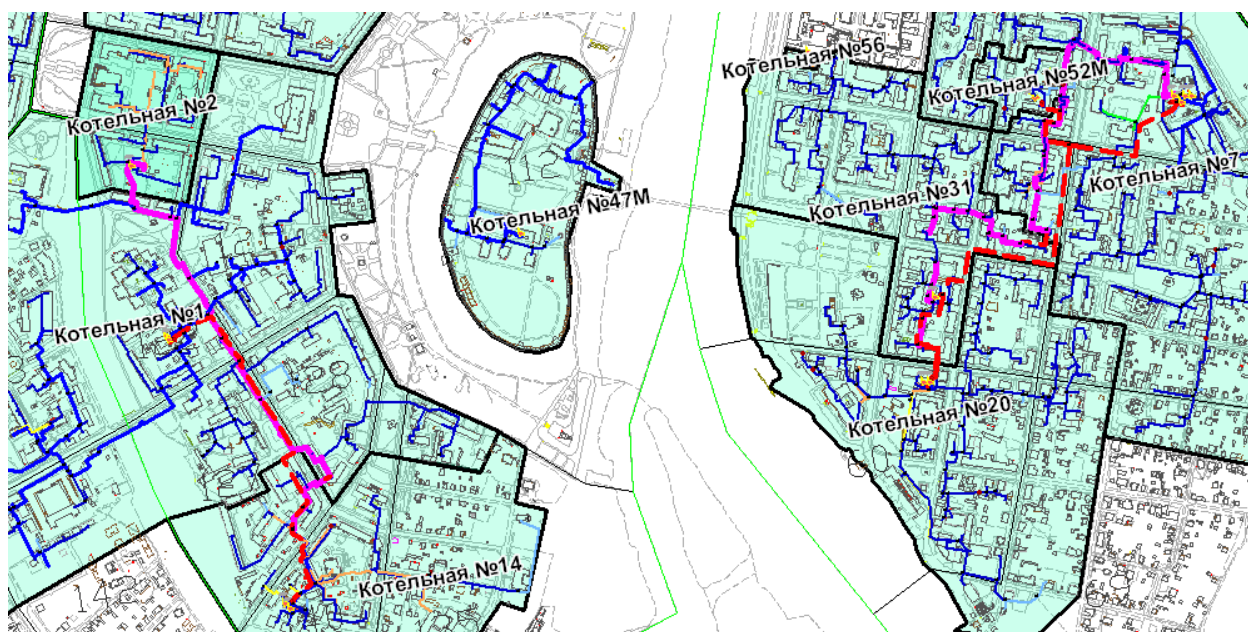


Рисунок 3.4.4 Графическое изображение предлагаемой схемы из математической модели Zulu

Источник ID=43054 Котельная №1 Рек:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	24.938, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	24.855, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.05828, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.02484, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	414.670, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	414.670, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	414.670, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	60.000, м
Давление в обратном трубопроводе	35.000, м
Располагаемый напор	25.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.860, °C
Источник ID=43077 Котельная №7 Рек:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	23.502, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	23.374, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.08943, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.03827, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	390.200, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	390.200, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	390.200, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	38.400, м
Давление в обратном трубопроводе	20.000, м
Располагаемый напор	18.400, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.771, °C

#### **Закольцовка 14 котельных в левобережной части города**

Данное мероприятие предполагает закольцовку 14 котельных, расположенных в центральной части города на левом берегу р. Волхов. Предлагается объединить в единую систему теплоснабжения сети, обслуживаемые котельными №№4, 29, 64, 5, 26, 6, 45, 62, 12, 13, 65, 34, 16 и 51.



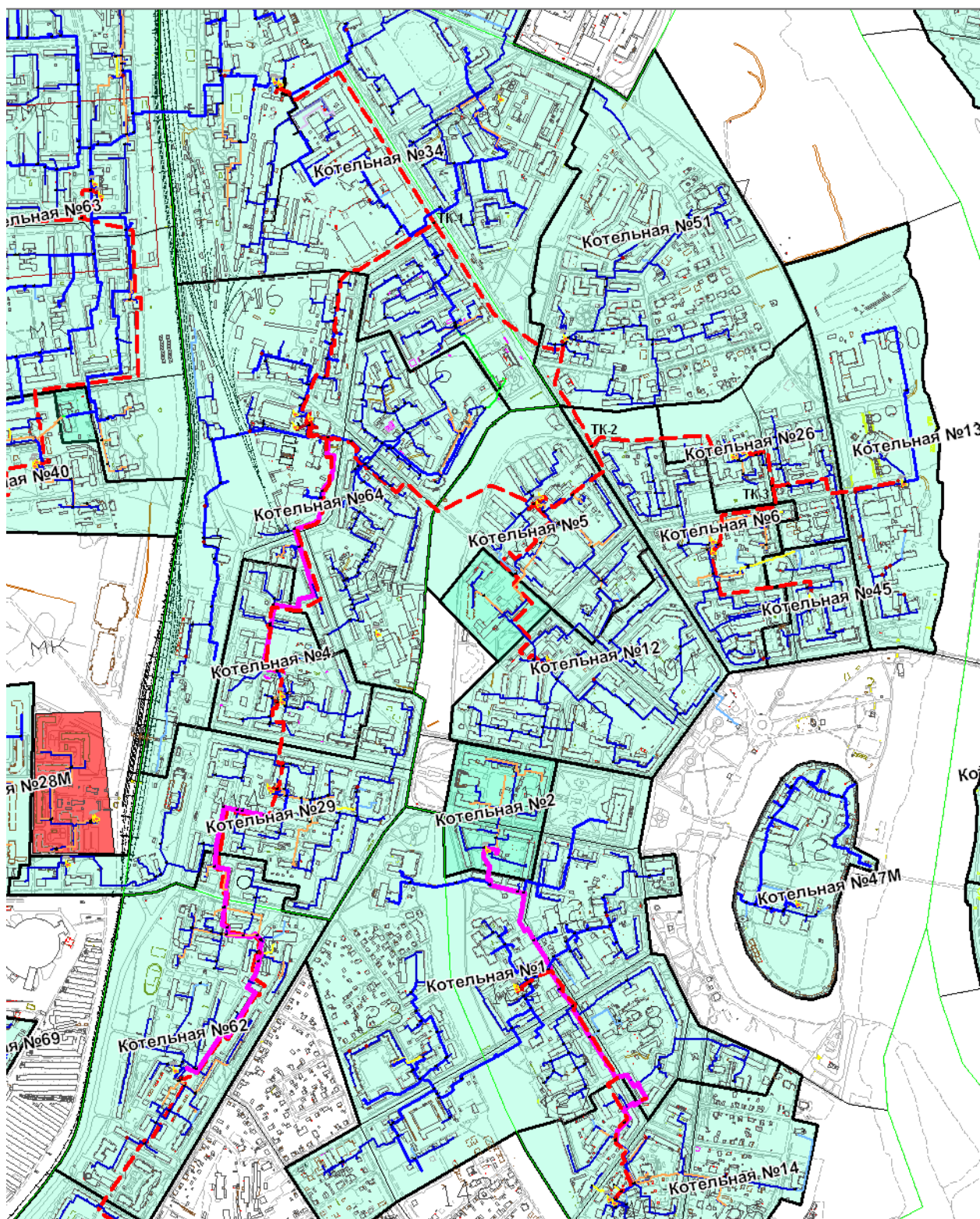


Рисунок 3.4.5 Графическое изображение предлагаемой схемы из математической модели Zulu

Источник ID=43039 Котельная №16 Рек14:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	25.374, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	25.143, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.17570, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.05529, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	420.413, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	420.413, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	420.413, т/ч

Давление в подающем трубопроводе	61.200, м
Давление в обратном трубопроводе	21.200, м
Располагаемый напор	40.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000,°C
Температура в обратном трубопроводе	69.645,°C
Источник ID=43060 Котельная №64 Рек14:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	36.801, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	36.496, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.18149, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.11444, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	609.500, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	609.500, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	609.500, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	57.500, м
Давление в обратном трубопроводе	24.500, м
Располагаемый напор	33.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000,°C
Температура в обратном трубопроводе	69.622,°C
Источник ID=43075 Котельная №34 Рек14:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	46.130, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	45.709, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.30673, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.11434, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	764.087, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	764.087, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	764.087, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	62.000, м
Давление в обратном трубопроводе	20.000, м
Располагаемый напор	42.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000,°C
Температура в обратном трубопроводе	69.628,°C
Суммарно по источникам:	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	108.305, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	107.347, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.66392, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.28407, Гкал/ч
Расход воды на обобщенные потребители	1794.000, т/ч



**Закольцовка 12 котельных с переключением их нагрузки на ЛБК**

Мероприятие предполагает подключение к ЛБК ряда котельных западного района №№ 10, 36, 50а, 46, 46а, 61, 54, 40, 60 в качестве ЦТП и котельную №63 в пиковом режиме.

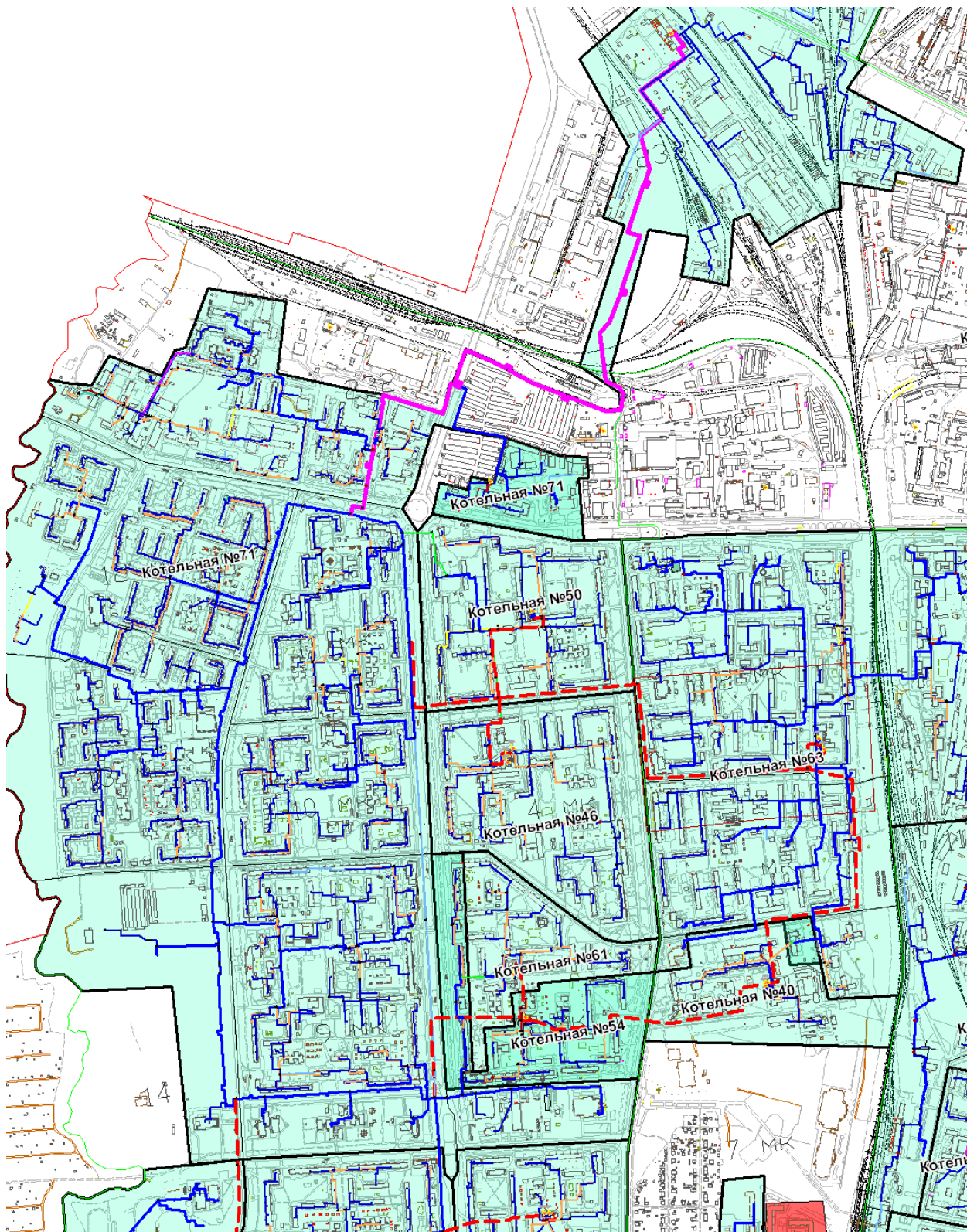


Рисунок 3.4.6 Графическое изображение предлагаемой схемы из математической модели Zulu

Подключение новых котельных осуществляется к существующим магистральным веткам ЛБК, с перекладкой основной магистрали от ЛБК с целью повышения пропускной

способности сети. На основании расчета определения фактической подключенной нагрузки, для приближения ситуации к реальным показателям фактической сети, для потребителей БЛК принят Коэффициент изменения нагрузки 0,62. Данная корректировка сделана в соответствии со СП 124.13330.2012. «Тепловые сети.»

Котельная №63 переходит в режим пикового источника, и при максимально-зимнем режиме берет на себя нагрузку собственных сетей и частично соседней котельной №40.

**\*\*\*Подключение к ЛБК 12 котельных совместная работа ЛБК и №63\*\*\***

Источник ID=428 Котельная №71 Левобережная:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	237.900, Гкал/ч
Расход тепла на систему отопления	69.310, Гкал/ч
Расход тепла на систему вентиляции	9.787, Гкал/ч
Расход тепла на закрытые системы ГВС	63.274, Гкал/ч
Расход тепла на циркуляцию	7.614, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителей	65.988, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	5.35970, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	2.95023, Гкал/ч
Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе	13.616, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	3673.131, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	3673.131, т/ч
Суммарный расход на систему отопления	1220.433, т/ч
Суммарный расход на систему вентиляции	173.196, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	1105.658, т/ч
Расход воды на параллельные ступени ТО	897.487, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	141.918, м
Давление в обратном трубопроводе	41.918, м
Располагаемый напор	100.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	65.232, °C

Источник ID=43097 Котельная №63 рек пик:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	47.234, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителей	36.823, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	0.17016, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	0.17579, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	697.019, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	616.499, т/ч
Суммарный расход на подпитку	80.520, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	842.045, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	134.100, м
Давление в обратном трубопроводе	56.100, м
Располагаемый напор	78.000, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000, °C
Температура в обратном трубопроводе	69.709, °C

Суммарно по источникам:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	285.134, Гкал/ч
Расход тепла на систему отопления	69.310, Гкал/ч
Расход тепла на систему вентиляции	9.787, Гкал/ч
Расход тепла на закрытые системы ГВС	63.274, Гкал/ч
Расход тепла на циркуляцию	7.614, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителей	102.812, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	5.52985, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	3.12602, Гкал/ч
Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе	13.616, Гкал/ч

Суммарный расход на подпитку	80.520, т/ч
Суммарный расход на систему отопления	1220.433, т/ч
Суммарный расход на систему вентиляции	173.196, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	1947.703, т/ч
Расход воды на параллельные ступени ТО	897.487, т/ч

### Подключение ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2» к тепловым сетям МУП «Теплоэнерго»

Мероприятие подразумевает строительство тепловой магистрали от Новгородской ТЭЦ для подключения тепловых сетей городских котельных (ЛБК и группу из шести котельных №66, 41, 38, 18, 42, 57).



Рисунок 3.4.7 Графическое изображение предлагаемой схемы из математической модели Zulu

\*\*\*Подключение ТЭЦ-20 к ЛБК и группе шести котельных\*\*\*

Источник ID=42322 ТЭЦ-20:

Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	213.634, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителях	209.280, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	2.70963, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	1.64431, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	2341.500, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	2341.500, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	2341.500, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	144.400, м



Давление в обратном трубопроводе	60.000, м
Располагаемый напор	84.400, м
Температура в подающем трубопроводе	160.000,°C
Температура в обратном трубопроводе	68.762,°C
Источник ID=428 Котельная №71 Левобережная + ТЭЦ-20 (120Гкал/ч):	
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	285.127, Гкал/ч
Расход тепла на систему отопления	69.311, Гкал/ч
Расход тепла на систему вентиляции	9.790, Гкал/ч
Расход тепла на закрытые системы ГВС	63.305, Гкал/ч
Расход тепла на циркуляцию	7.620, Гкал/ч
Расход тепла на обобщенных потребителей	116.304, Гкал/ч
Тепловые потери в подающем трубопроводе	5.58782, Гкал/ч
Тепловые потери в обратном трубопроводе	3.19584, Гкал/ч
Потери тепла от утечек в подающем трубопроводе	10.013, Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	4373.430, т/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	4292.910, т/ч
Суммарный расход на подпитку	80.520, т/ч
Суммарный расход на систему отопления	1219.258, т/ч
Суммарный расход на систему вентиляции	173.196, т/ч
Расход воды на обобщенные потребители	1947.703, т/ч
Расход воды на параллельные ступени ТО	897.487, т/ч
Расход воды на утечки из подающего трубопровода	80.520, т/ч
Давление в подающем трубопроводе	121.400, м
Давление в обратном трубопроводе	20.000, м
Располагаемый напор	101.400, м
Температура в подающем трубопроводе	130.000,°C
Температура в обратном трубопроводе	65.927,°C

### **3.5 Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии**

Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo способен осуществлять анализ отключений, переключений, поиск ближайшей запорной арматуры, отключающей участок от источников, или полностью изолирующей участок и т.д.

### **3.6 Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку**

При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

### **3.7 Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя**



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

Если в сети один источник, то он поддерживает заданное давление в обратном трубопроводе на входе в источник, заданный располагаемый напор на выходе из источника и заданную температуру теплоносителя.

Разница между суммарным расходом в подающих трубопроводах и суммарным расходом в обратных трубопроводах на источнике определяет величину подпитки. Она же равна сумме всех утечек теплоносителя из сети (заданные отборы из узлов, утечки, расход на открытую систему ГВС).

### **3.8 Расчет показателей надежности теплоснабжения**

Более подробная информация по данному разделу представлена в Главе 9 «Оценка надежности теплоснабжения» Обосновывающих материалов к схеме теплоснабжения города Великий Новгород на период с 2014 до 2030 года.

### **3.9 Групповые изменения характеристик объектов по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения**

ГИС Zulu позволяет осуществлять групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения.

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

## 3.10 Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей

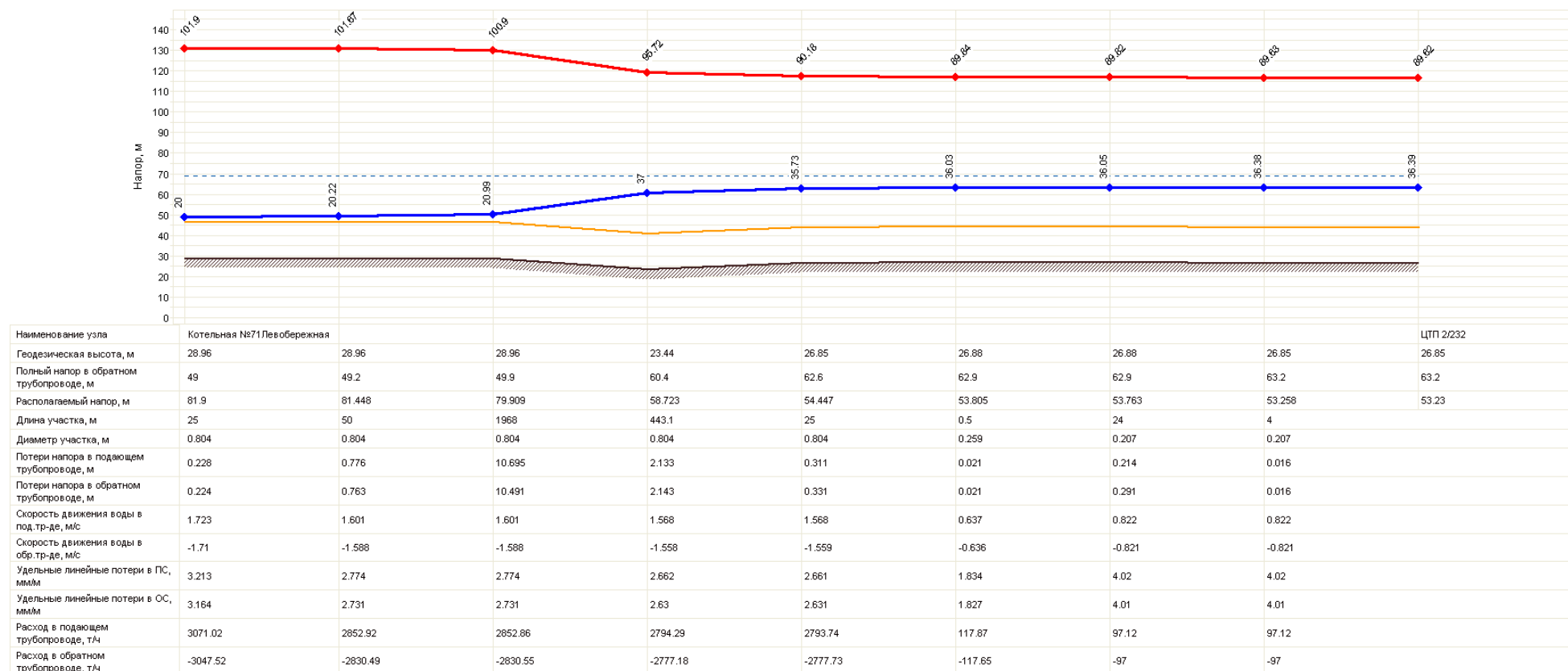


Рисунок 3.10.1 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 2/232

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

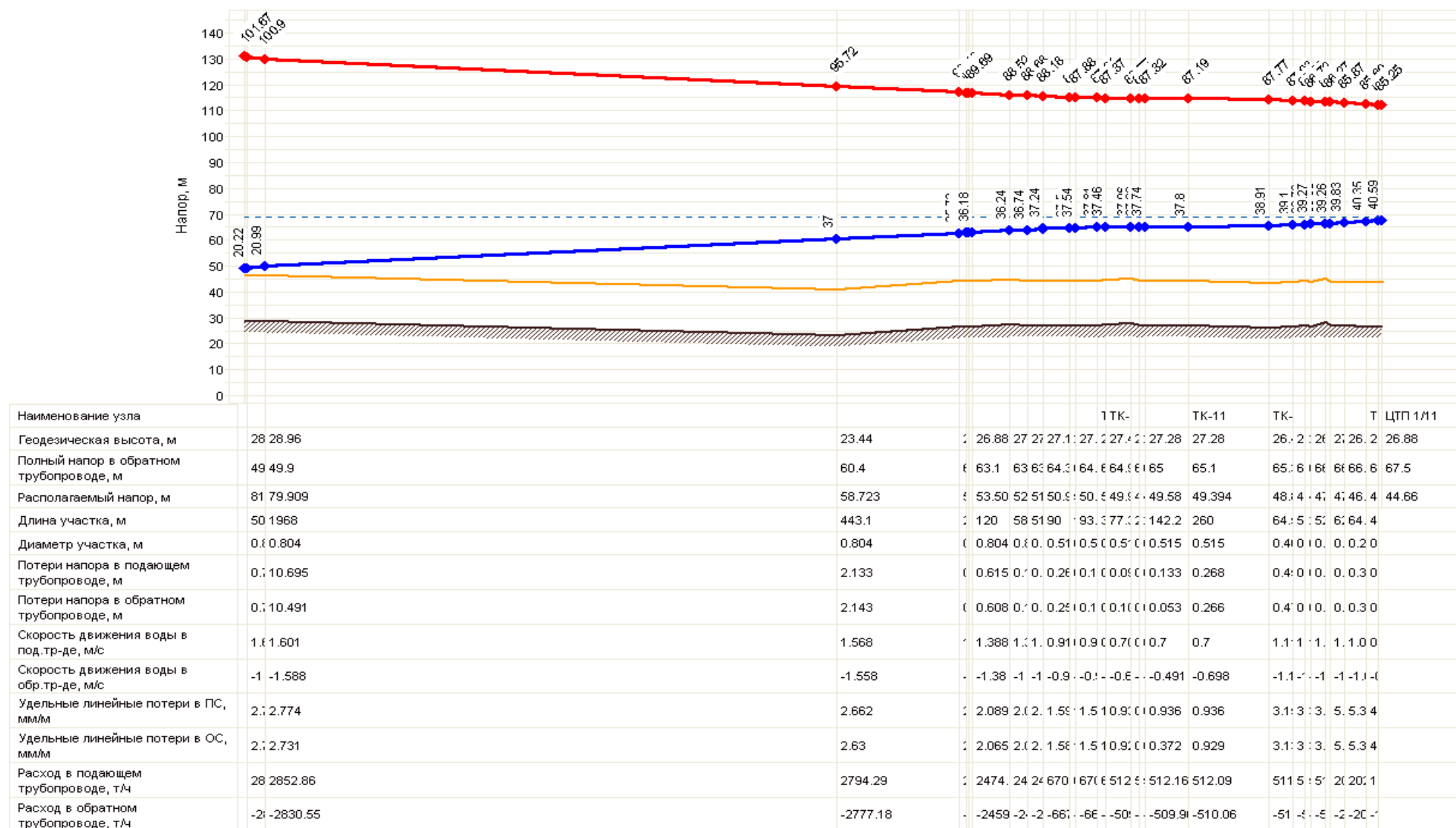
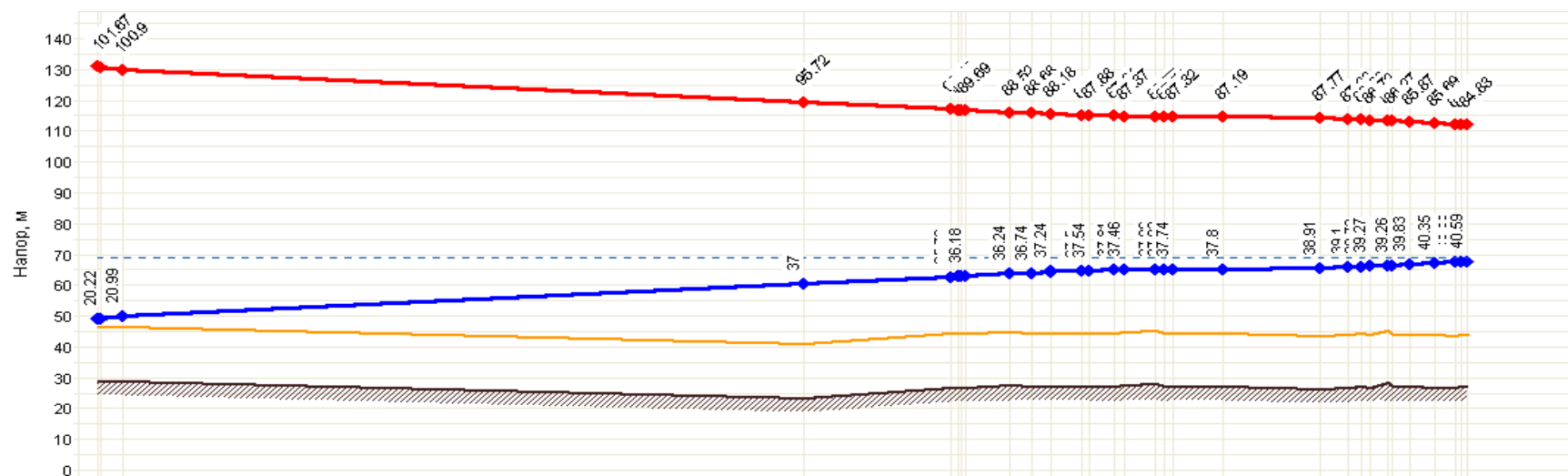


Рисунок 3.10.2 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 1/11

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла									1 ТК-	ТК-11	ТК-		ТК	ЦТП 2/11
Геодезическая высота, м	28 28.96								23.44	26.88	27.27	27.11	27.27	27.08
Полный напор в обратном трубопроводе, м	49 49.9								60.4	63.1	63.63	64.11	64.64	67.7
Располагаемый напор, м	81 79.909								58.723	53.50	52.51	50.51	50.50	44.24
Длина участка, м	50 1968								443.1	120	58	51	90	
Диаметр участка, м	0.8 0.804								0.804	0.804	0.5	0.5	0.515	
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.1 10.695								2.133	0.615	0.2	0.2	0.133	
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.1 10.491								2.143	0.608	0.2	0.2	0.053	
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.6 1.601								1.568	1.388	1.1	0.9	0.7	0.7
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1 -1.588								-1.558	-1.38	-1	-1	-0.9	-0.698
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	2.7 2.774								2.662	2.089	2.2	1.5	1.5	0.936
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	2.7 2.731								2.63	2.065	2.2	1.5	1.5	0.929
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	28 2852.86								2794.29	2474.24	670	670	512.09	511.5
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-21 -2830.55								-2777.18	-2455	-2	-66	-66	-509.9

Рисунок 3.10.3 График падения давления для участка: Котельная №71 <> ЦТП 2/11

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

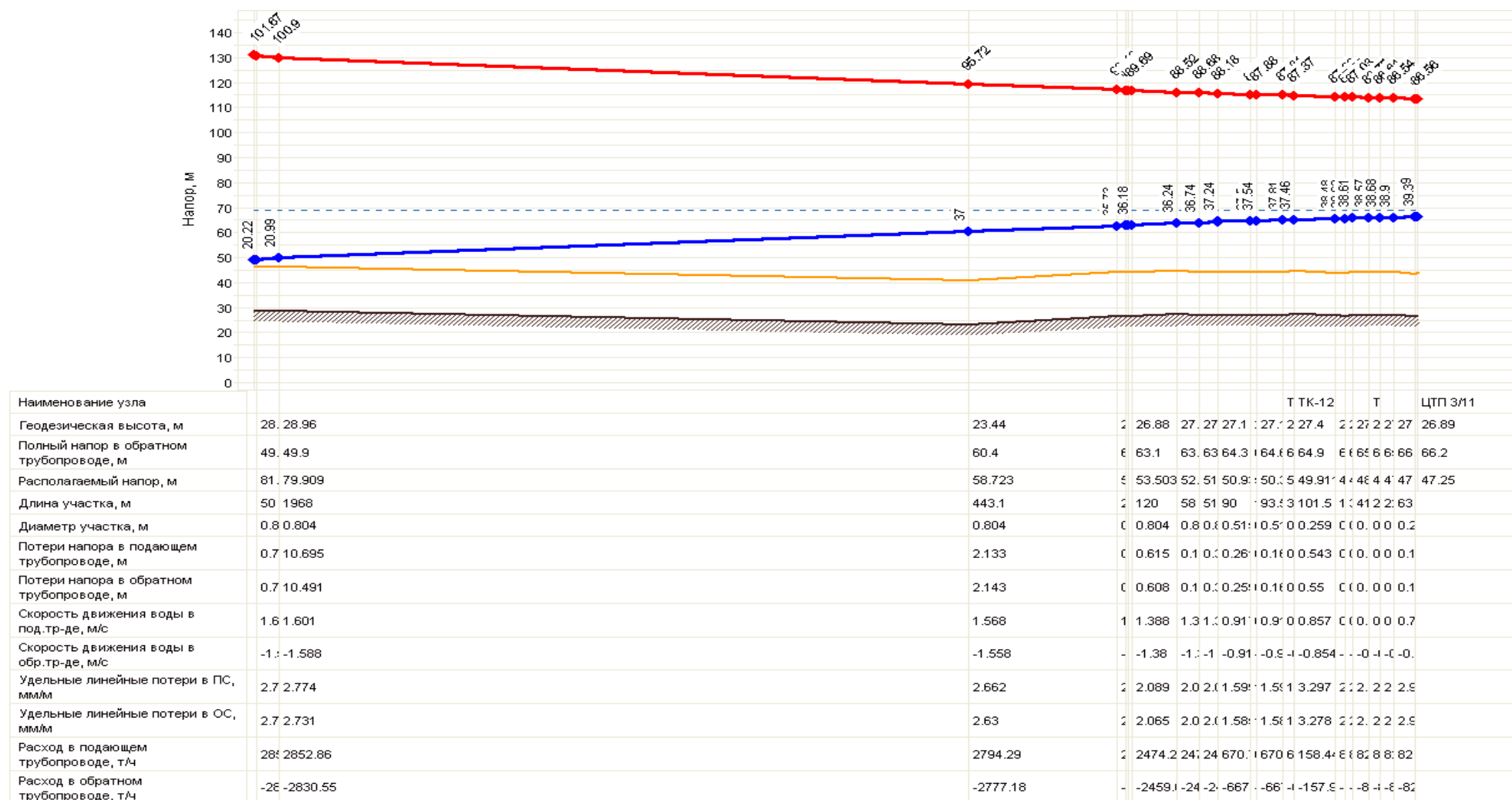
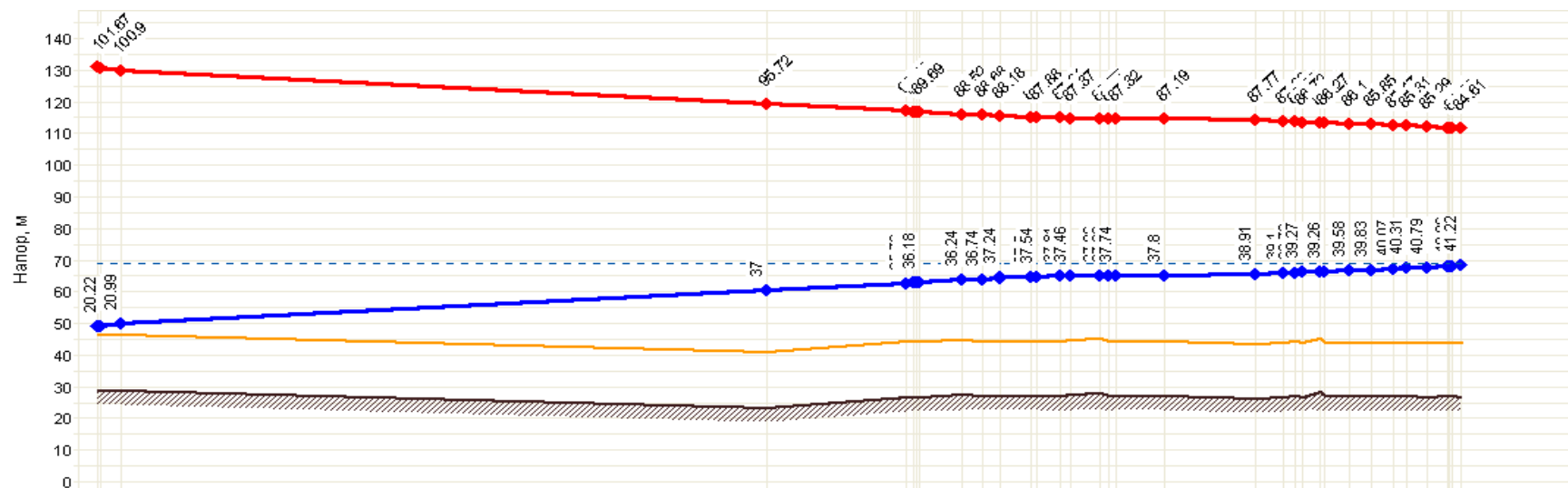


Рисунок 3.10.4 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 3/11



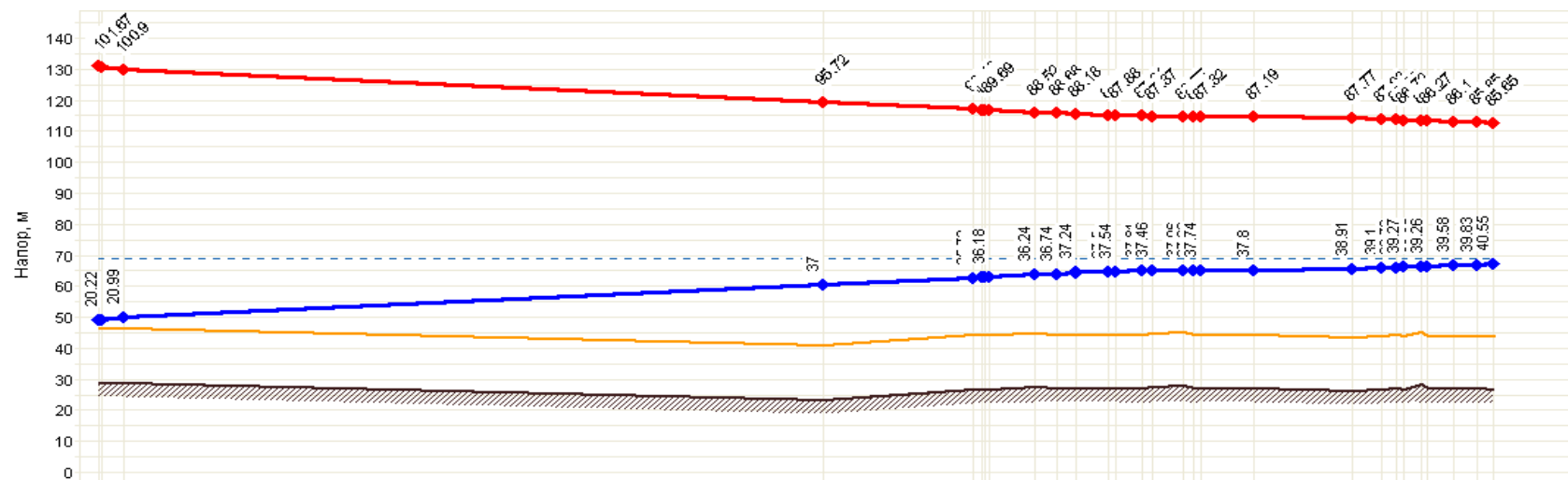
# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла				1 ТК-	ТК-11	ТК-	ЦТП 2/10
Геодезическая высота, м	26	28.96	23.44	26.86	27.27	27.28	26.9
Полный напор в обратном трубопроводе, м	49	49.9	60.4	63.1	63.6	64.1	68.1
Располагаемый напор, м	81	79.909	58.723	53.50	52.5	50.9	43.39
Длина участка, м	50	1968	443.1	120	58	90	
Диаметр участка, м	0	0.804	0.804	0.804	0.5	0.5	
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0	10.695	2.133	0.61	0.0	0.133	0.268
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0	10.491	2.143	0.60	0.0	0.1	0.053
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1	1.601	1.568	1.38	1.1	0.9	0.7
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1	-1.588	-1.558	-1.38	-1.1	-0.9	-0.7
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	2	2.774	2.662	2.08	2.1	2.1	0.936
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	2	2.731	2.63	2.06	2.1	2.1	0.936
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	26	2852.86	2794.29	2474	242	670	512.1
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-2	-2830.55	-2777.18	-245	-2	-66	-509.9

Рисунок 3.10.5 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 2/10

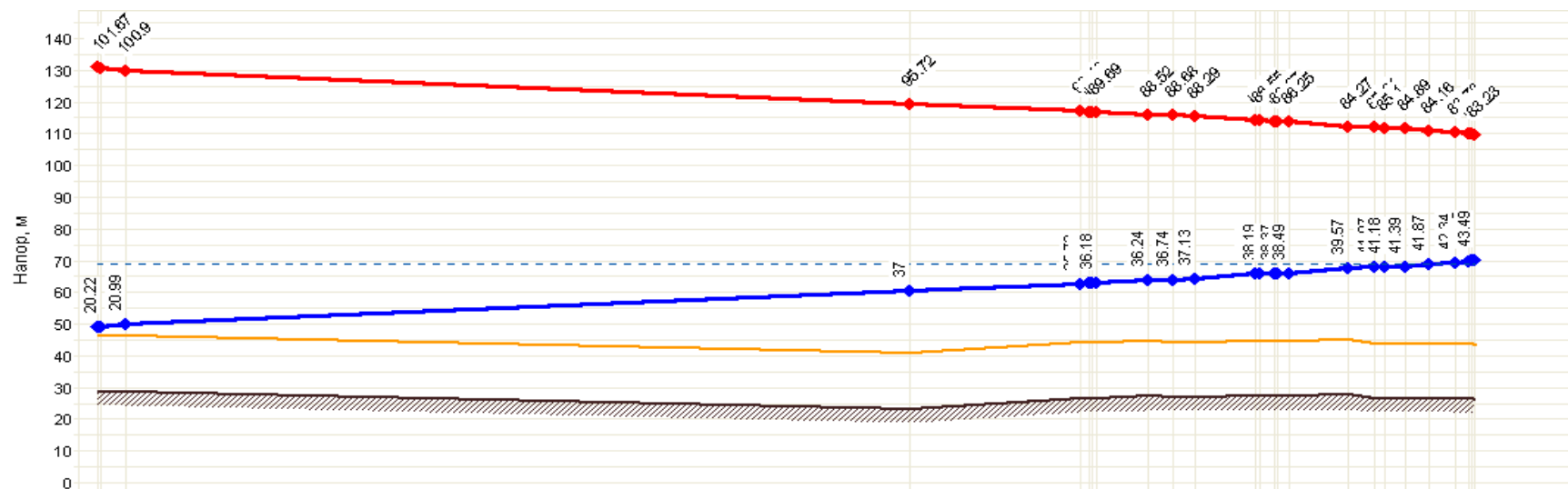
# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла			1 ТК-		ТК-11	ТК-	ЦТП 1/10
Геодезическая высота, м	28 28.96	23.44	26.88	27 27.1	27.27	27.28	26.2 26.2 26.71
Полный напор в обратном трубопроводе, м	49 49.9	60.4	63.1	63 63.4	64.64	65	65.6 66 67.3
Располагаемый напор, м	81 79.909	58.723	53.50	52 51.50	50.549	49.58	48.4 47.46 45.1
Длина участка, м	50 1968	443.1	120	58 51.90	93.377	142.2	64.5 54 50.5
Диаметр участка, м	0.8 0.804	0.804	0.804	0.51	0.5	0.515	0.41 0.3 0.3
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.10 6.95	2.133	0.615	0.26	0.1	0.133	0.268 0.2 0.2
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.10 4.91	2.143	0.608	0.25	0.1	0.053	0.266 0.2 0.2
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.1 1.601	1.568	1.388	1.091	0.9	0.7	1.1 1.08 0.81
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1 -1.588	-1.558	-1.38	-1 -0.9	-0.7	-0.491	-1.1 -1 -0.491
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	2.2 2.774	2.662	2.089	2.156	1.510.9	0.936	3.1 3.2 2.2 1.6
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	2.2 2.731	2.63	2.065	2.156	1.510.9	0.372	3.1 3.2 2.2 1.6
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	28 2852.86	2794.29	2474.24	2670.67	512.5	512.16	511.5 30 30 1
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-21 -2830.55	-2777.18	-2459.2	-266.66	-50.5	-509.9	-51.5 -30 -30 -1

Рисунок 3.10.6 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 1/10

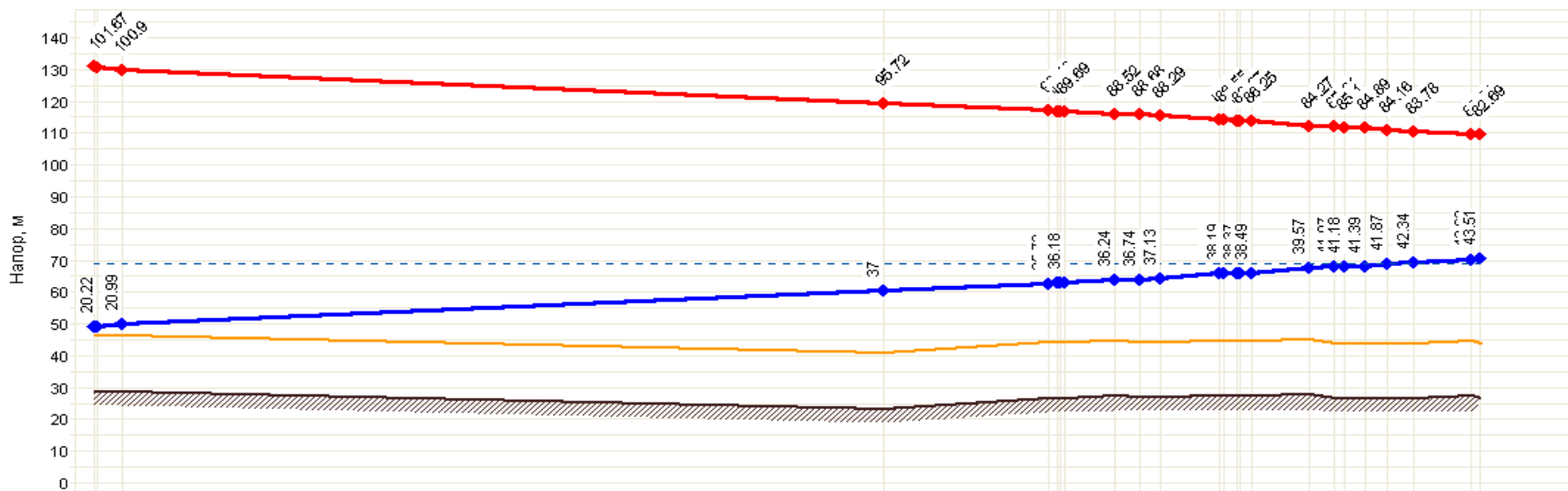
# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла						УТ-4		УТ-	УТ	Т	ЦТП 1/12					
Геодезическая высота, м	28	28.96			23.44	26.88	27	27	27.1	2	27.45	27.2	26	26.2	26.47	
Полный напор в обратном трубопроводе, м	49	49.9			60.4	63.1	63	63	64.2	6	65.9	67.6	67	68	68.6	70
Располагаемый напор, м	81	79.909			58.723	53.503	52	51	51.162	4	47.76	44.4	43	43	42.4	39.74
Длина участка, м	50	1968			443.1	120	58	51	140.1	3	142.6	63	146	30	60	2
Диаметр участка, м	0.8	0.804			0.804	0.804	0.8	0.8	0.616	0	0.616	0.6	0.0	0.3	0.3	0
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.7	10.695			2.133	0.615	0.1	0.1	1.337	0	1.54	0.2	0.0	0.0	0.4	0
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.7	10.491			2.143	0.608	0.1	0.1	1.365	0	1.522	0.2	0.0	0.0	0.4	0
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.6	1.601			1.568	1.388	1.3	1.1	1.724	1	1.724	1.7	1.1	1.4	1.4	1
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1.	-1.588			-1.558	-1.38	-1.	-1	-1.713	-	-1.713	-1.	-1	-1	-1.	-
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	2.7	2.774			2.662	2.089	2.0	2.0	4.485	4	4.484	4.4	4.4	7.1	7.1	1
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	2.7	2.731			2.63	2.065	2.0	2.0	4.43	4	4.431	4.4	4.4	7.1	7.1	1
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	28	2852.86			2794.29	2474.2	24	24	1803.18	1	1803.02	18	116	37	37	1
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-26	-2830.55			-2777.18	-2459.	-24	-24	-1792.1	-	-1792.2	-17	-1	-31	-37	-

Рисунок 3.10.7 График падения давления для участка: Котельная №71 <-> ЦТП 1/12

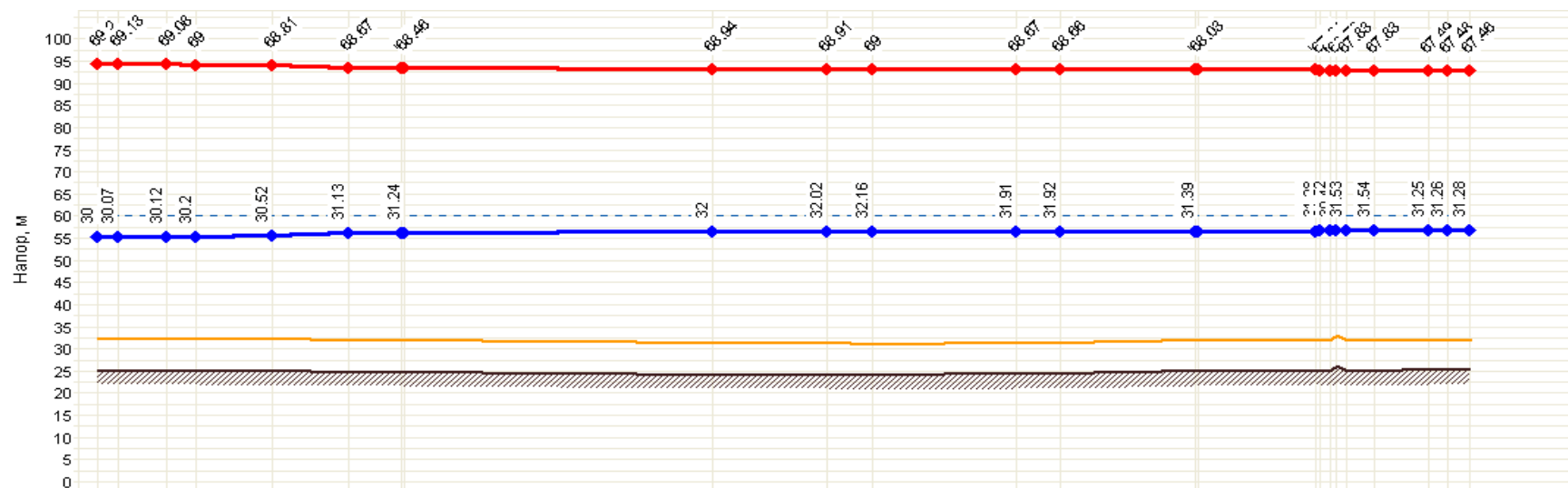
## СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла					УТ-4				УТ	УТ	ТК03ТН	ЦТП 2/12
Геодезическая высота, м	28	28.96		23.44	26.88	27	27.27.1	2	27.45	27	26.26.26.26.75	26.72
Полный напор в обратном трубопроводе, м	49	49.9		60.4	63.1	63	63.64.2	6	65.9	67	66.68.68.69.1	70.2
Располагаемый напор, м	81	79.909		58.723	53.505	52	51.51.162	4	47.76	44	43.43.42.41.442	39.18
Длина участка, м	50	1968		443.1	120	58	51.140.1	3	2142.6	63	246.30.60.130.4	
Диаметр участка, м	0.6	0.804		0.804	0.804	0.6	0.616	0	0.616	0.6	0.010.0.3	0.259
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.7	10.695		2.133	0.615	0.1	0.1.337	0	0.1.54	0.2	0.0.0.0.4	0.929
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.7	10.491		2.143	0.608	0.1	0.1.365	0	0.1.522	0.2	0.0.0.0.4	0.935
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.6	1.601		1.568	1.388	1.3	1.1.1.724	1	1.1.724	1.7	1.1.1.1.4	1.079
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1.	-1.588		-1.558	-1.38	-1.	-1.1.713	-1	-1.713	-1.	-1.1	-1.076
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	2.7	2.774		2.662	2.089	2.0	2.14.485	4	4.4.484	4.4	4.4.7.7.1	5.214
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	2.7	2.731		2.63	2.065	2.0	2.14.43	4	4.4.431	4.4	4.4.7.7.1	5.182
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	28	2852.86		2794.29	2474.2	24	241803.16	1	11803.0	18	116	37.37199.56
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-28	-2830.55		-2777.18	-2459.	-24	-2.1792.1	-1	-1792.2	-17	-1	-37.198.94

Рисунок 3.10.8 График падения давления для участка: Котельная №71 <> ЦТП 2/12

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

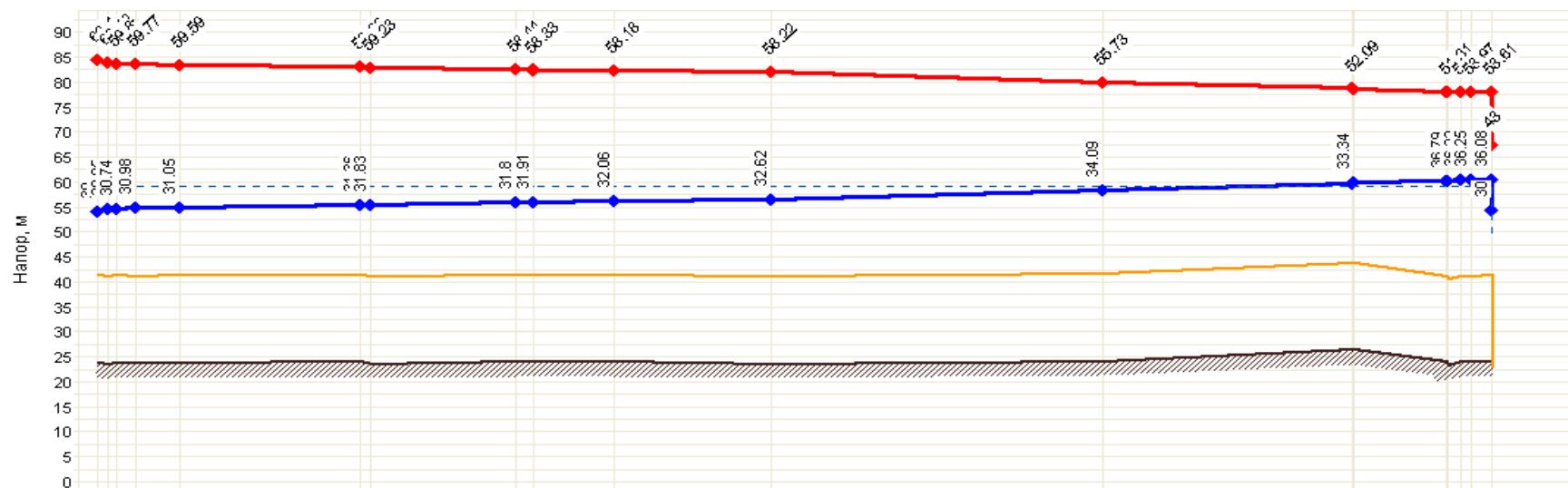


Наименование узла	Кс						TK4 TK8			т.А т.Б		ЦТП 6401					
Геодезическая высота, м	25	25.1	25.1	25.03	24.8	24.86	24.24	24.24	24.13	24.42	24.42	25	25	25.03	25	25	25.34
Полный напор в обратном трубопроводе, м	55	55.2	55.3	55.6	55.9	56.1	56.2	56.3	56.3	56.3	56.3	56.4	56	56.6	56	56	56.6
Располагаемый напор, м	39	39.05	38.7	38.797	38.284	37.541	37.223	36.942	36.88	36.836	36.76	36.743	36.637	36	36.289	36	36.18
Длина участка, м	5	9	18	27	40	10	143.3	27.7	20	51.3	15.7	48.1	43	10	28	7	10
Диаметр участка, м	0.3	0.309	0.3	0.309	0.259	0.259	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.15	0.1	0.125	0.1	0.1
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.1	0.045	0.0	0.259	0.367	0.139	0.141	0.028	0.024	0.037	0.009	0.028	0.121	0.0	0.029	0.0	0.0
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.1	0.044	0.0	0.255	0.376	0.151	0.14	0.028	0.025	0.038	0.009	0.028	0.121	0.0	0.029	0.0	0.0
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.1	1.176	1.1	1.148	1.267	1.215	0.382	0.382	0.377	0.308	0.308	0.308	0.528	0.2	0.268	0.0	0.1
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1	-1.16	-1.1	-1.139	-1.256	-1.204	-0.381	-0.381	-0.37	-0.307	-0.30	-0.307	-0.526	-0	-0.268	-0	-0
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	3.4	4.958	4.7	4.733	7.179	6.606	0.883	0.883	0.858	0.578	0.578	0.578	2.5	0.8	0.829	0.0	0.1
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	3.4	4.879	4.6	4.657	7.049	6.484	0.876	0.876	0.852	0.574	0.574	0.574	2.486	0.8	0.827	0.0	0.1
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	37	309.4	302	302.29	234.36	224.76	45.14	45.12	44.48	36.39	36.38	36.38	32.75	11	11.56	11.6	11.6
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-3	-306.5	-29	-299.82	-232.21	-222.6	-44.95	-44.96	-44.3	-36.26	-36.2	-36.26	-32.65	-11	-11.55	-1	-6

Рисунок 3.10.9 График падения давления для участка: Котельная №64 <-> ЦТП 1 кот№64(ЦТП 6401)



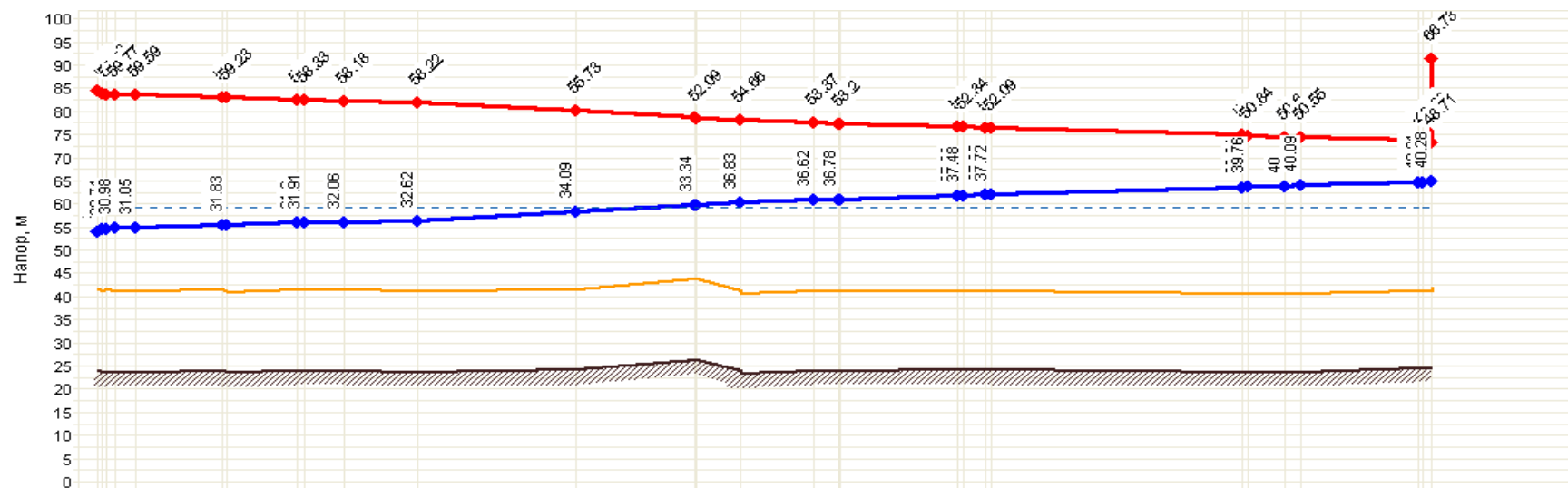
# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла	ТТ	ТК03	ТК-6	ЦТП 2/44
Геодезическая высота, м	23.23 23.75 23.8	23.59	24.2	24.22
Полный напор в обратном трубопроводе, м	54.7 54.9	55.4	58.3	60.3
Располагаемый напор, м	28.79 28.537	27.399	21.637	17.54
Длина участка, м	1128.4 120.9	94.2	158.6	178
Диаметр участка, м	0.309 0.309	0.309	0.259	0.309
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.127 0.514	0.383	1.287	0.431
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.126 0.509	0.379	1.276	0.427
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.042 1.042	1.042	1.232	1.23
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1.031 -1.036	-1.036	-1.226	-1.225
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	3.898 3.898	3.897	6.783	6.761
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	3.857 3.857	3.858	6.723	6.704
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	274.1 274.18	274.15	227.77	227.41
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-272.7 -272.74	-272.77	-226.77	-226.44

Рисунок 3.10.10 График падения давления для участка: Котельная №44 <-> ул. Державина д. 1 стр. 3(ЦТП 2/44)

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла	TK03					TK-6					УТ-5					ЦТП 1/44
Геодезическая высота, м	23.23	23.8	23.59	24	24	23.7	24.2	26.4	23.4	24	24.12	24	24.2	23.8	23.78	24.6
Полный напор в обратном трубопроводе, м	54	54.9	55.4	55.9	56.1	56.3	58.3	59.7	60.2	60	60.9	61	61.9	63.6	63.9	64.9
Располагаемый напор, м	28	28.537	27.399	26.4	26.12	25.591	21.637	18.74	17.767	16	16.417	14	14.364	11.0	11.0458	8.44
Длина участка, м	28	120.9	94.2	52.3	98.5	219.5	158.6	58.1	98.6	37	166.4	33	346.5	52.6	2159.1	-
Диаметр участка, м	0.0	0.309	0.309	0.309	0.309	0.259	0.259	0.259	0.259	0.2	0.259	0.2	0.259	0.25	0.259	-
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.0	0.514	0.383	0.15	0.266	1.987	1.287	0.431	0.465	0.1	0.698	0.1	1.53	0.23	0.604	-
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.0	0.509	0.379	0.15	0.263	1.968	1.276	0.427	0.461	0.1	0.692	0.1	1.518	0.23	0.6	-
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	1.1	1.042	1.042	0.86	0.866	1.232	1.232	1.23	0.875	0.8	0.875	0.8	0.875	0.87	0.875	-
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-1	-1.036	-1.036	-0.86	-0.861	-1.226	-1.226	-1.22	-0.871	-0.	-0.872	-0	-0.872	-0.8	-0.872	-
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	3	3.898	3.897	2.69	2.698	6.785	6.783	6.761	3.44	3.4	3.44	3.4	3.439	3.43	3.436	-
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	3	3.857	3.858	2.67	2.672	6.722	6.723	6.704	3.41	3.4	3.411	3.4	3.412	3.41	3.414	-
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	27	274.18	274.15	227	227.82	227.8	227.77	227.4	161.89	16	161.87	16	161.84	161.	11161.79	-
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-2	-272.74	-272.77	-226	-226.72	-226.74	-226.77	-226.	-161.16	-16	-161.18	-16	-161.21	-161	-1161.26	-

Рисунок 3.10.11 График падения давления для участка: Котельная №44 <-> ЦТП 1/44

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

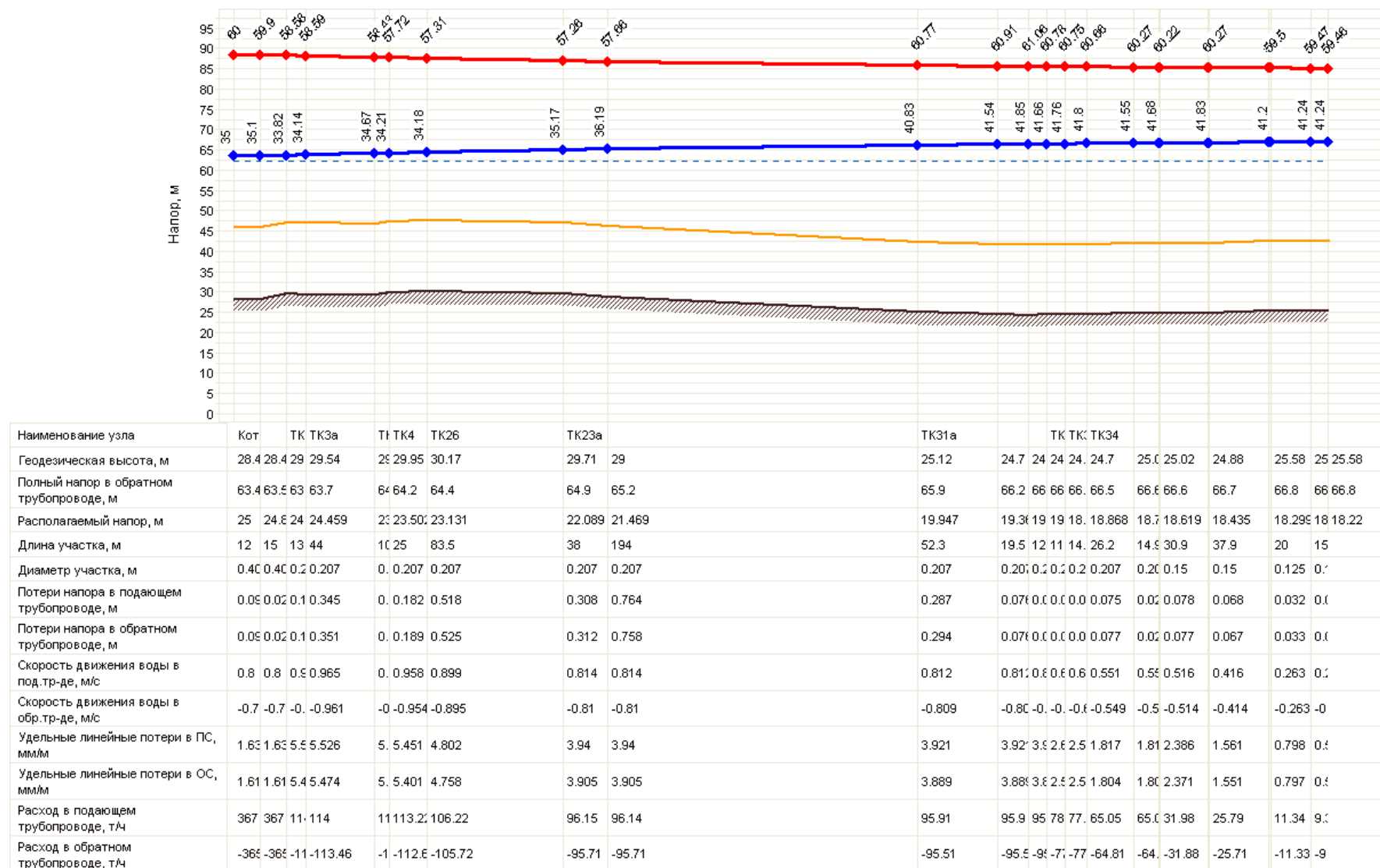
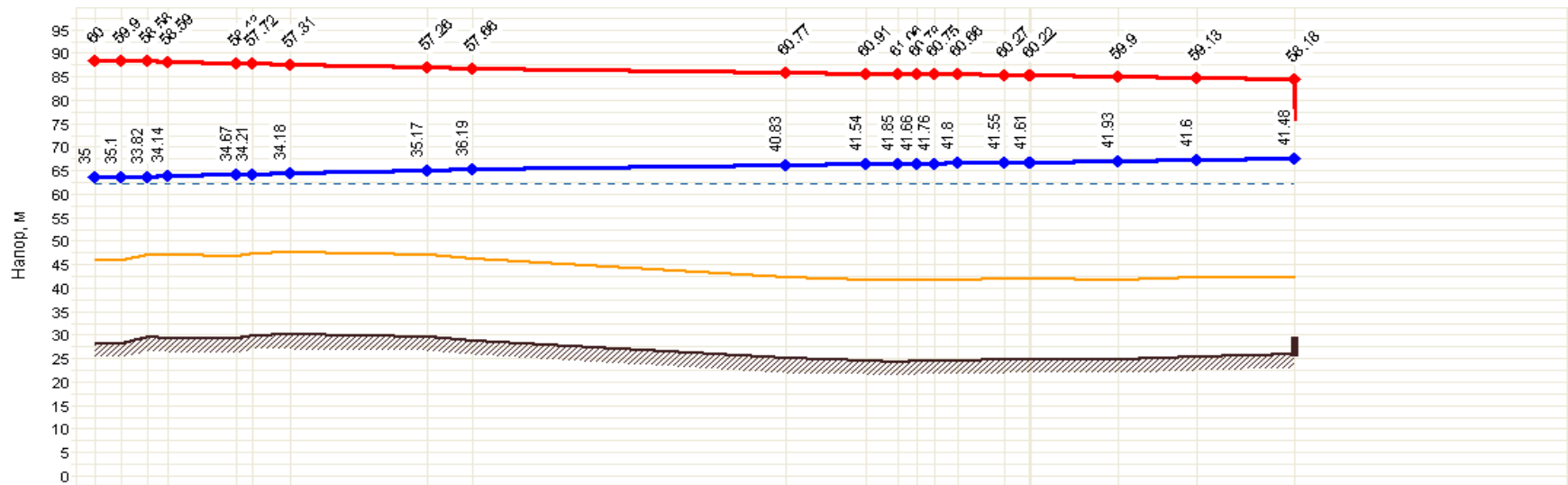


Рисунок 3.10.12 График падения давления для участка: Котельная №1 <math>\diamond</math> пер.Юннатов, д.7

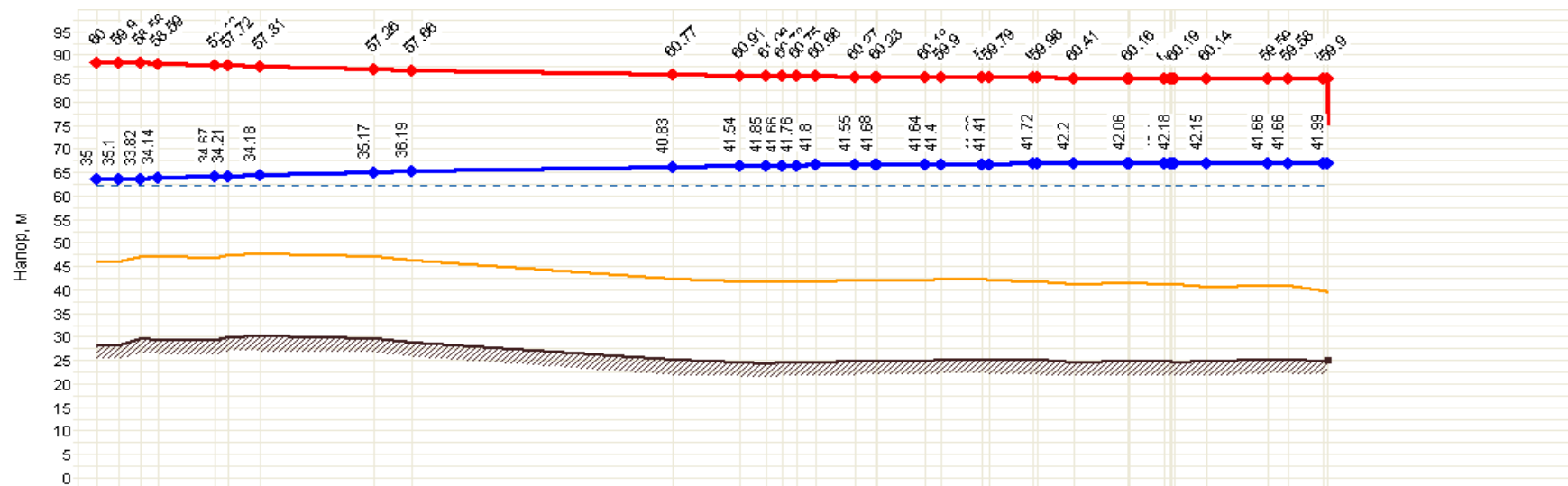
## СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла	Ко	ТН	TK3a	Т	TK4	TK26	TK23a	TK31a	ТН	TK	TK34					ОАОУ Торгово - кулинарное учил			
Геодезическая высота, м	28.28	28.25	29.54	2	29.9	30.17	29.71	29	25.12	24.7	24.2	24	24.7	25	25.02	25.02	25.57	26.1	
Полный напор в обратном трубопроводе, м	63.63	63.6	63.7	6	64.2	64.4	64.9	65.2	65.9	66.2	66.6	66	66.5	66	66.6	66.9	67.2	67.6	
Располагаемый напор, м	25	24	24	24.459	2	23.5	23.131	22.08	21.469	19.947	19.3	19.1	18	18.86	18	18.611	17.969	17.527	16.7
Длина участка, м	12	15	13	44	11	25	83.5	38	194	52.3	19.5	12	11	14	26.2	14	64	49.5	61.5
Диаметр участка, м	0.4	0.4	0.4	0.207	0	0.20	0.207	0.207	0.207	0.207	0.20	0.4	0.4	0.2	0.207	0.2	0.082	0.082	0.082
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.0	0.0	0.0	0.345	0	0.18	0.518	0.308	0.764	0.287	0.07	0.0	0.0	0.0	0.075	0.0	0.32	0.222	0.415
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.0	0.0	0.0	0.351	0	0.18	0.525	0.312	0.758	0.294	0.07	0.0	0.0	0.0	0.077	0.0	0.322	0.22	0.413
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	0.8	0.8	0.8	0.965	0	0.95	0.899	0.814	0.814	0.812	0.81	0.8	0.8	0.8	0.551	0.5	0.484	0.484	0.484
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-0.1	-0.1	-0.1	-0.961	-0	-0.95	-0.895	-0.81	-0.81	-0.809	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.545	-0.5	-0.482	-0.482	-0.482
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	1.6	1.6	1.5	5.526	5	5.45	4.802	3.94	3.94	3.921	3.92	3.2	2.2	2.5	1.817	1.8	4.479	4.478	4.477
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	1.6	1.6	1.5	5.474	5	5.40	4.758	3.905	3.905	3.889	3.88	3.2	2.2	2.5	1.804	1.8	4.449	4.45	4.451
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	36	36	36	11	114	1	113	106.22	96.15	96.14	95.91	95.9	95	77	65.05	65	8.97	8.97	8.97
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-36	-36	-1	-113.46	-1	-112	-105.72	-95.7	-95.71	-95.51	-95	-9	-7	-7	-64.81	-64	-8.94	-8.94	-8.94

Рисунок 3.10.13 График падения давления для участка: Котельная №1  $\diamond$  ул.Прусская, д.24 (ОАОУ Торгово - кулинарное учил)

# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА

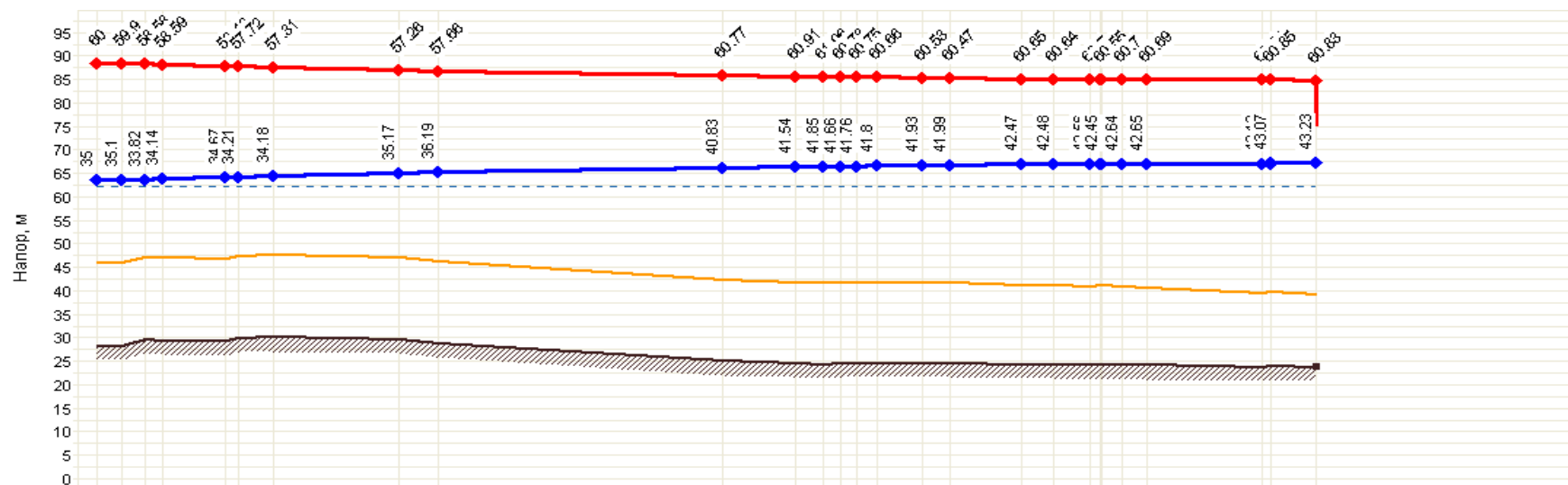


Наименование узла	Кс	Т1	TK3a	Т	TK4	TK26	TK23	TK31a	Т	Т1	TK34	TK35	TK38	TK38a	TK41	TK-4	"Упр.по хоз.и трансп." (произ.								
Геодезическая высота, м	28.28	28.2	29.54	2	29.9	30.17	29.7	29	25.12	24.2	2	24.7	25	25.02	2	25.28	25.33	25.0	24.63	24.8	24.7	24.8	25	25.3	25
Полный напор в обратном трубопроводе, м	63.63	63.6	63.7	6	64.2	64.4	64.9	65.2	65.9	66.6	66.6	66.5	66.6	66.7	66.7	66.8	66.8	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	67	67	67
Располагаемый напор, м	25.24	24.2	24.459	2	23.5	23.131	22.0	21.469	19.947	19.1	1	18.8	18.6	18.50	18.37	18.2	18.206	18.0	18.0	17.988	17.17	17.9	17.91		
Длина участка, м	12.15	11.44		1	25	83.5	38	194	52.3	19.1	1	14	26.2	14	32.9	1	30	31	25	37.2	27	22.1	45	15	25
Диаметр участка, м	0.4	0.4	0.207	0	0.20	0.207	0.20	0.207	0.207	0.2	0	0.20	0.15	0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0	0.12	
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.0	0.0	0.345	0	0.1	0.518	0.30	0.764	0.287	0.0	0	0.07	0.045	0	0.04	0.042	0.02	0.045	0.03	0.01	0.03	0	0.00		
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.0	0.0	0.351	0	0.1	0.525	0.31	0.758	0.294	0.0	0	0.07	0.045	0	0.047	0.043	0.02	0.046	0.03	0.01	0.03	0	0.00		
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	0.0	0.0	0.965	0	0.9	0.899	0.81	0.814	0.812	0.8	0	0.55	0.388	0	0.37	0.355	0.35	0.34	0.29	0.1	0.186	0	0.06		
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-0	-0	-0.961	-1	-0.9	-0.895	-0.81	-0.81	-0.809	-0.1	-0	-0.54	-0	-0.387	-0	-0.37	-0.35	-0.3	-0.338	-0.2	-0.1	-0.185	-0	-0.01	
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	1.1	1.1	5.526	5	5.4	4.802	3.94	3.94	3.921	3.9	3	2.2	1.81	1	1.364	1	1.29	1.14	1.14	1.048	0.80	0.5	0.534	0	0.05
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	1.1	1.1	5.5474	5	5.40	4.758	3.90	3.905	3.889	3.8	3	2.2	1.80	1	1.353	1	1.28	1.131	1.13	1.04	0.79	0.5	0.53	0	0.05
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	36	36	114	1	113	106.22	96.1	96.14	95.91	95.9	7	77	65.0	65	24.09	2	23.5	21.99	21.9	21.07	18.3	5.1	5.12	5	2.94
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-31	-31	-113.46	-1	-11	-105.72	-95.7	-95.71	-95.51	-95	-5	-7	-64.6	-6	-23.9	-2	-23.4	-21.9	-21.9	-20.99	-18.0	-5.1	-5.1	-5	-2.9

Рисунок 3.10.14 График падения давления для участка: Котельная №1 <-> ул. Белова, д.2 ("Упр.по хоз.и трансп.")



# СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА ДО 2030 ГОДА



Наименование узла	Ко	Т1	TK3a	Т	TK4	TK26	TK25	TK31a	Т	TK34	Т	TK33	"Икс 5 недвиж-ть" (Пятерочка)									
Геодезическая высота, м	28	28	24	29.54	2	29.9	30.17	25.12	24	24	24	24.26	23.97	23.9								
Полный напор в обратном трубопроводе, м	63	63	63	63.7	6	64.2	64.4	65.9	66	66	66	66.9	67	67.1								
Располагаемый напор, м	25	24	24	24.459	2	23.5	23.131	19.947	19	18	18	18.031	17.78	17.6								
Длина участка, м	12	15	14	44	1	25	83.5	52.3	19	14	33	19	48	30.6								
Диаметр участка, м	0.4	0.4	0	0.207	0	0.20	0.207	0.207	0.2	0	0.1	0.1	0.082	0.069								
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0	0	0	0.345	0	0.18	0.518	0.287	0	0	0.135	0	0.15	0.093								
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0	0	0	0.351	0	0.18	0.525	0.294	0	0	0.136	0	0.149	0.093								
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	0.6	0.6	0	0.965	0	0.95	0.899	0.812	0.8	0	0.458	0.4	0.458	0.264								
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-0	-0	-0	-0.961	-1	-0.9	-0.895	-0.81	-0.81	-0.809	-0.8	-0	-0.456	-0.26								
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	1.6	1.6	5	5.526	5	5.45	4.802	3.94	3.94	3.921	3.9	3.2	3.132	3.1	3.131	0.36	0.38	1.1	1.1	1.269	1.689	
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	1.6	1.6	5	5.474	5	5.40	4.758	3.90	3.905	3.889	3.8	3.2	3.1	3.1	3.101	0.36	0.38	1.1	1.1	1.258	1.677	
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	36	36	1	114	1	113	106.22	96.1	96.14	95.91	95	97	77	12.62	12	12.62	12.6	12.6	77	7.7	4.72	3.47
Расход в обратном трубопроводе, т/ч	-36	-36	-1	-113.46	-1	-112	-105.72	-95.7	-95.71	-95.51	-95	-97	-77	-12.56	-12	-12.56	-12.6	-12.6	-77	-7.7	-4.7	-3.45

Рисунок 3.10.15 График падения давления для участка: Котельная №1 <-> ул. Орловская, д.42 к.1("Икс 5 недвиж-ть" (Пятерочка))

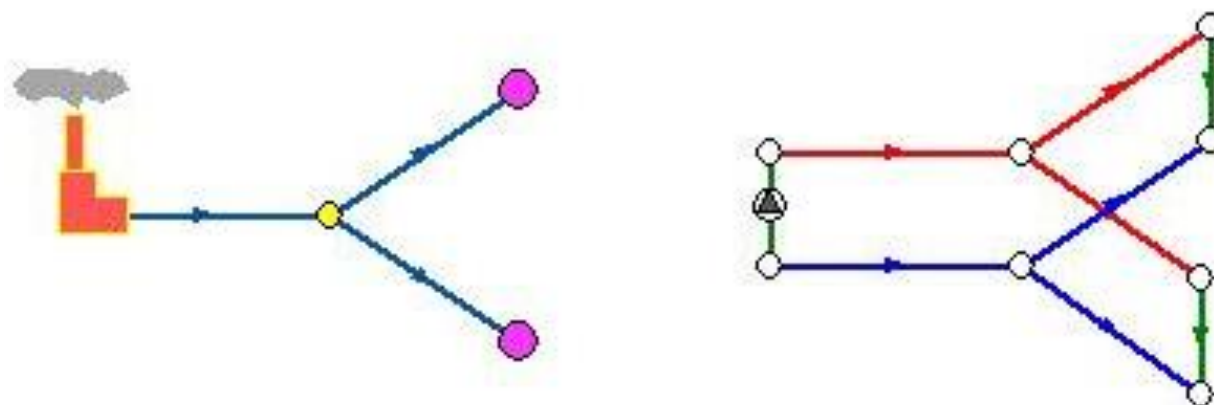
## Приложение 1. Руководство оператора Zulu

### Элементы построения тепловой сети

Математическая модель сети для проведения теплогидравлических расчетов представляет собой граф, где дугами, соединяющими узлы, являются участки трубопроводов. Несмотря на то, что на участке может быть и подающий и обратный трубопровод, пользователь изображает участок сети в одну линию. Это внешнее представление сети.

Перед началом расчета внешнее представление сети, в зависимости от типов и режимов элементов, составляющих сеть, преобразуется (кодируется) во внутреннее представление, по которому и проводится расчет.

Вот пример простой сети из одного источника, тепловой камеры и двух потребителей в внешнем и внутреннем представлениях:



На расчетной схеме красным цветом условно обозначены участки подающего трубопровода, синим - обратного, зеленым - участки соединяющие подающий и обратный трубопроводы. Источник изображен участком со стрелкой в кружке. Так будем изображать участки на которых действует устройство, повышающее давление (например, насос).

Подробное описание всех исходных данных каждого элемента сети приведено в методике теплогидравлических расчетов. Здесь мы просто коротко опишем что из себя те «кубики», из которых можно составить тепловую сеть любого размера и сложности:

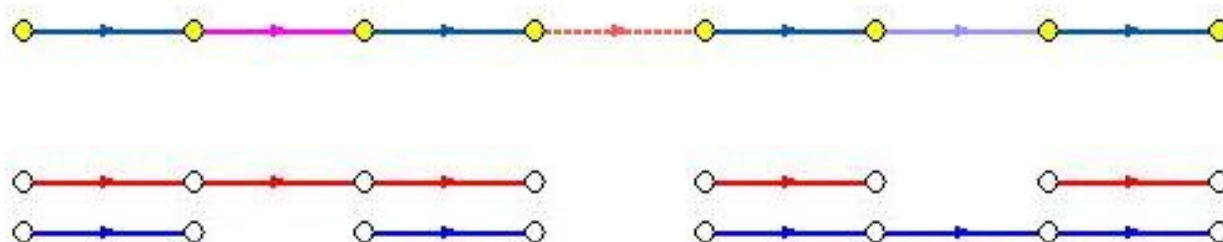
- участки;
- простые узлы;
- потребители;
- ЦТП;
- источник;
- перемычки;
- насосные станции;
- дроссельная шайба;
- регулятор давления;
- регулятор напора;
- регулятор расхода.

### Участки

Участок изображается одной линией, но может означать несколько состояний, задаваемых разными режимами.



На рисунке изображена цепочка из участков разных режимов в однолинейном изображении и соответствующая ей внутренняя кодировка.



Из рисунка видно, что цепочка участков во внутреннем представлении дважды разорвана по подающему и по обратному трубопроводам.

Сопротивление подающего и обратного трубопровода каждого участка зависит от длины участка, диаметра, зарастания, шероховатости, суммы коэффициентов местных сопротивлений трубопровода. Падение давления на участке пропорционально сопротивлению и квадрату расхода.

### Что означают стрелки на участках

Куда потечет вода, в общем случае можно узнать только определив потокораспределение в результате гидравлического расчета. Стрелка при изображении участка формально указывает направление от начала к концу участка, заданное при его вводе (при рисовании). С точки зрения результатов расчета, если значение расхода на участке положительно, то вода в этом участке течет по стрелке, если значение расхода на участке отрицательно, то вода течет против стрелки.



На рисунке изображены две одинаковые схемы. В первой участок вводился слева направо, во второй - справа налево. На участках подписаны полученные при расчете расходы по подающим и обратным трубопроводам. Соответствующие значения расходов на

обоих схемах отличаются только знаком, так как отличаются направления ввода участков, но и в первом и во втором случаях вода течет от источника к потребителю по подающему трубопроводу и от потребителя к источнику по обратному.

### Простой узел

Простым узлом в модели считается любой узел, чьи свойства специально не оговорены. Простой узел служит только для соединения участков. Такими узлами для модели являются тепловые камеры, ответвления, смены диаметров, смена типа прокладки или типа изоляции и т.д.

Во внутренней кодировке такие узлы превращаются в два узла, один в подающем трубопроводе, другой в обратном. В каждом узле можно задать слив воды из подающего и/или из обратного трубопроводов.

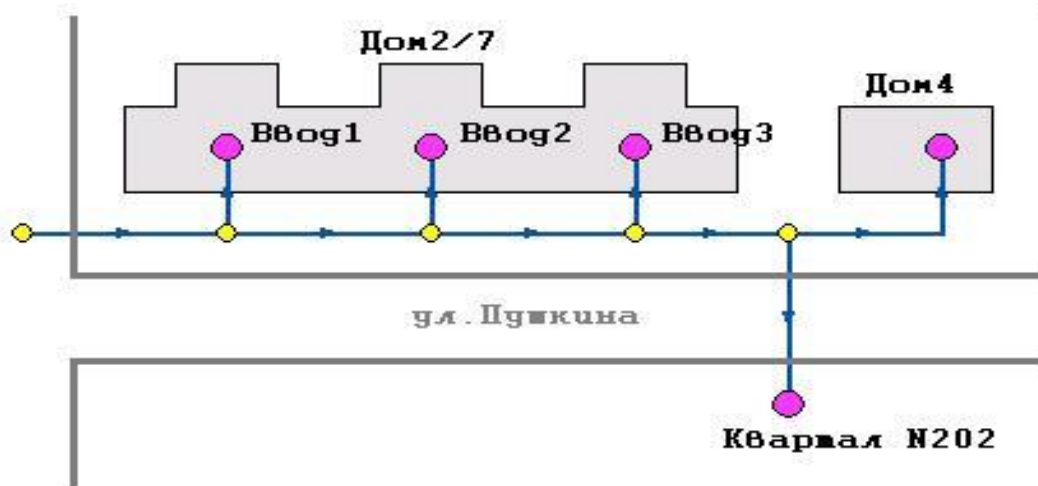
### Потребитель

Потребитель тепловой энергии характеризуется расчетными нагрузками на систему отопления, систему вентиляции и систему горячего водоснабжения и расчетными температурами на входе, выходе потребителя, и расчетной температурой внутреннего воздуха.

В однолинейном представлении потребитель - это узловый элемент, который может быть связан только с одним участком.

Внутренняя кодировка потребителя существенно зависит от его схемы присоединения к тепловой сети. Схемы могут быть элеваторные, с насосным смешением, с независимым присоединением, с открытым или закрытым отбором воды на ГВС, с регуляторами температуры, отопления, расхода и т.д. На данный момент в распоряжении пользователя 28 схем присоединения потребителей.

Если в здании несколько узлов ввода, то объектом «потребитель» можно описать каждый ввод. В тоже время как один потребитель можно описать целый квартал или завод, задав для такого потребителя обобщенные тепловые нагрузки:

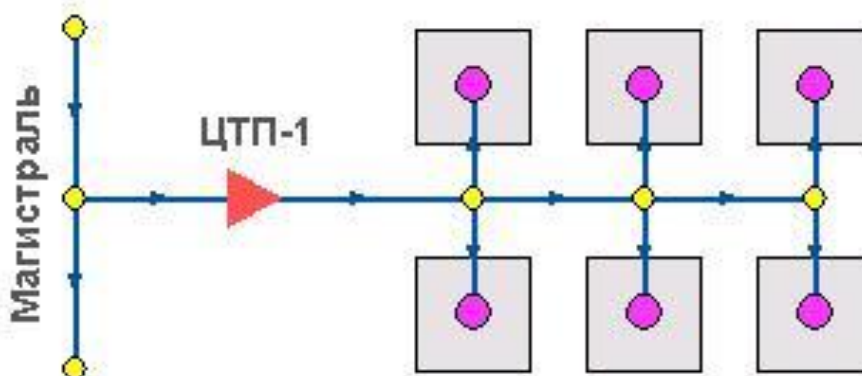


### Центральный тепловой пункт (ЦТП)

ЦТП - это узел дополнительного регулирования и распределения тепловой энергии. Наличие такого узла подразумевает, что за ним находится тупиковая сеть, с индивидуальными потребителями. В ЦТП может входить только один участок и только один участок может выходить. Причем входящий участок идет со стороны магистрали, а выходящий участок ведет к конечным потребителям.

Внутренняя кодировка ЦТП зависит от его схемы присоединения к тепловой сети. Это может быть групповой элеватор, групповой насос смешения, независимое подключение группы потребителей, бойлеры на ГВС и т.д.

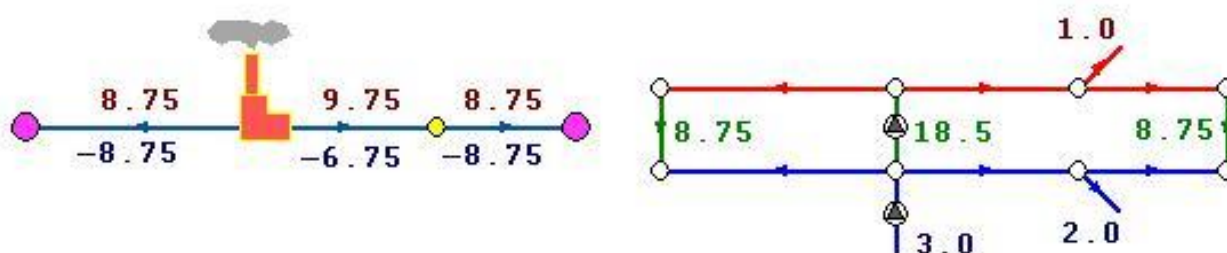
На данный момент в распоряжении пользователя 16 схем присоединения ЦТП.



### Источник

Если в сети один источник, то он поддерживает заданное давление в обратном трубопроводе на входе в источник, заданный располагаемый напор на выходе из источника и заданную температуру теплоносителя.

Разница между суммарным расходом в подающих трубопроводах и суммарным расходом в обратных трубопроводах на источнике определяет величину подпитки. Она же равна сумме всех утечек теплоносителя из сети (заданные отборы из узлов, утечки, расход на открытую систему ГВС).



Если на одну сеть работает несколько источников, то в общем случае только на одном из источников с подпиткой можно одновременно поддерживать и давление в обратном трубопроводе и располагаемый напор на выходе. У остальных источников с подпиткой можно поддерживать только давление в обратном трубопроводе.

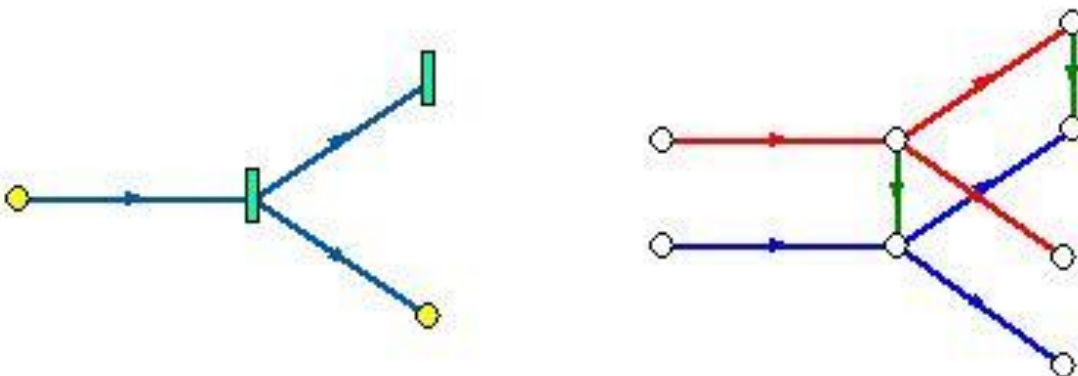
При работе нескольких источников на одну сеть некоторые источники могут не иметь подпитки. На таких источниках давление в обратном трубопроводе не фиксируется и поддерживаться может только располагаемый напор.

Следует отметить, что при работе нескольких источников не при любых исходных данных может существовать решение. Один источник может задавить другой, заданные

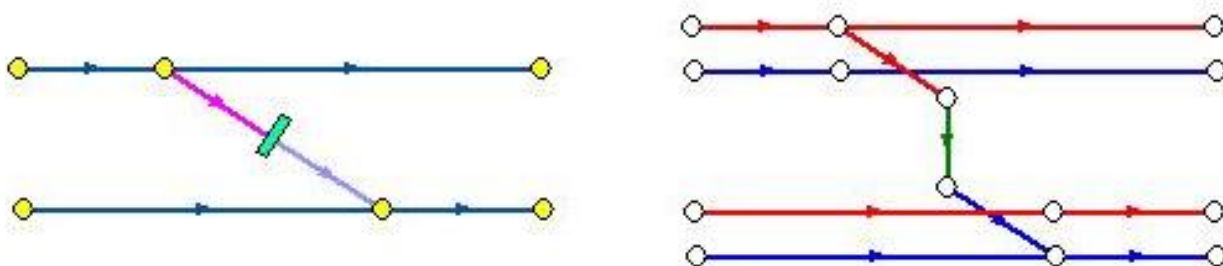
давления и напоры могут оказаться недостижимы. Это зависит от величины подпитки, от конфигурации сети, от сопротивлений трубопроводов и т.д. В каждом конкретном случае это может показать только расчет.

### Перемичка

Перемичка позволяет смоделировать участок, соединяющий подающий и обратный трубопроводы. В этот узел может входить и/или выходить любое количество участков.



Так как перемичка в однолинейном изображении представлена узлом, то для моделирования соединения между подающим трубопроводом одного участка и обратным трубопроводом другого участка одного элемента «перемичка» недостаточно. Понадобятся еще два участка: один только подающий, другой - только обратный.



В текущей версии расчетов сопротивление перемички задается теми же параметрами, что и сопротивление обычного участка.

### Насосная станция

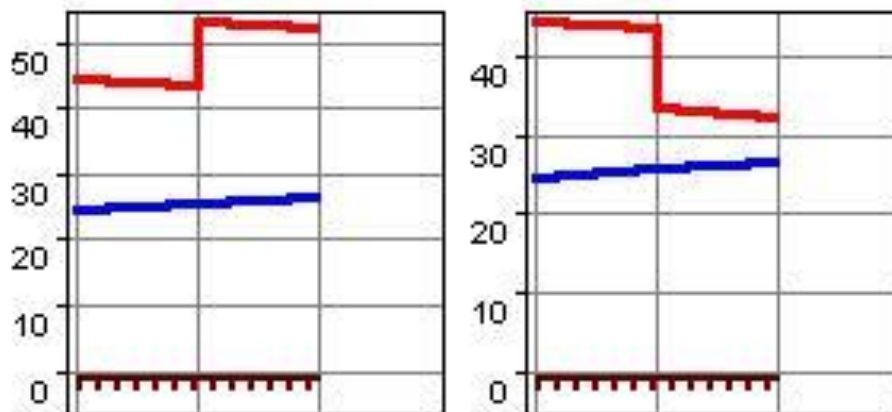
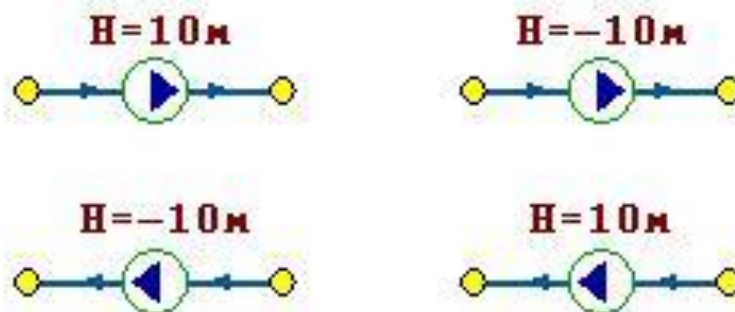
Хотя насосная станция в однолинейном изображении представляется одним узлом, в зависимости от табличных параметров этого узла насос может быть установлен на подающем или обратном трубопроводе, либо на обоих трубопроводах одновременно. Для задания направления действия насоса в этот узел только один участок обязательно должен входить и только один участок должен выходить.





Насос можно моделировать двумя способами: либо как идеальное устройство которое изменяет давление в трубопроводе на заданную величину, либо как устройство, работающее с учетом реальной напорно-расходной характеристики конкретного насоса.

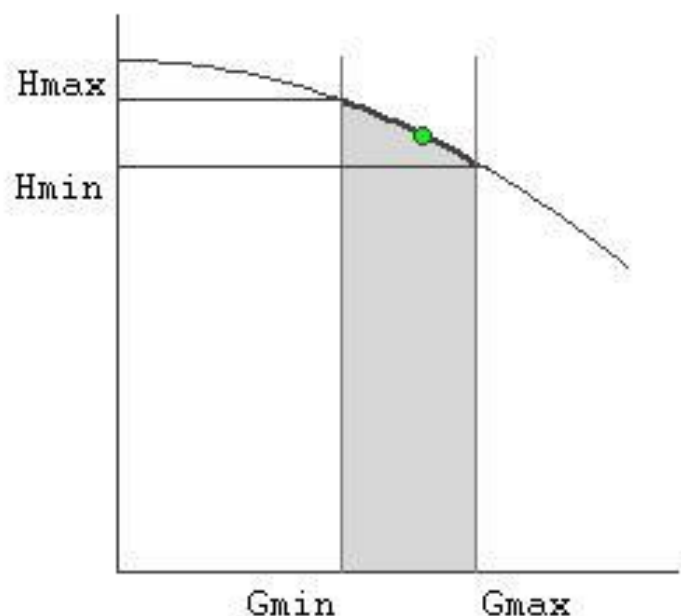
В первом случае просто задается значение напора насоса на подающем и/или обратном трубопроводе. Если значение напора на одном из трубопроводов равно нулю, то насос на этом трубопроводе отсутствует. Если значение напора отрицательно, то это означает, что насос работает навстречу входящему в него участку.



На рисунке видно, как различные направления участков, входящих и выходящих из насоса в сочетании с разными знаками напора на насосе влияют на результат расчета, отображенный на пьезометрических графиках

Когда задается только значение напора на насосе, оно остается неизменным не зависимо от проходящего через насос расхода.

Если моделировать работу насоса с учетом его QH характеристики, то следует задать расходы и напоры на границах рабочей зоны насоса.



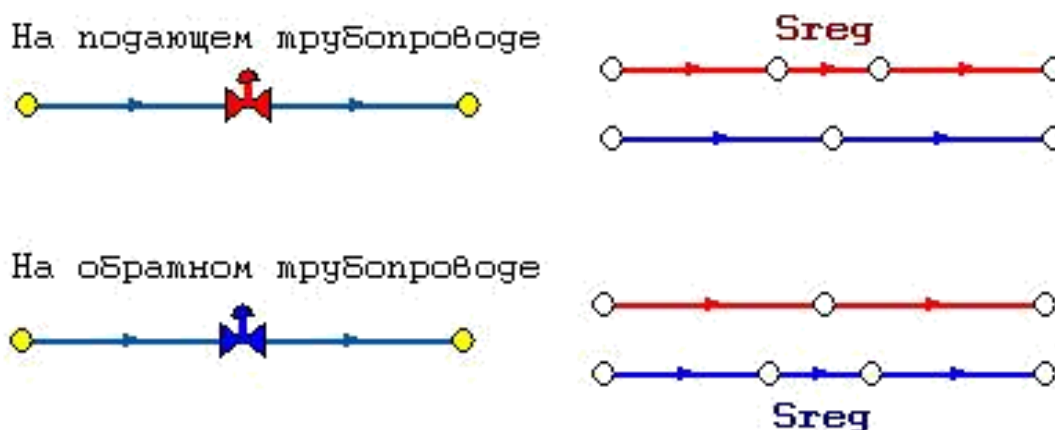
По заданным двум точкам определяется парабола с максимумом на оси давлений, по которой расчет и будет определять напор насоса в зависимости от расхода. Следует отметить, что характеристика, задаваемая таким образом может отличаться от реальной характеристики насоса, но в пределах рабочей области обе характеристики практически совпадают.

Для описания нескольких параллельно работающих насосов достаточно задать их количество и результирующая характеристика будет определена при расчете автоматически.

Так как напоры на границах рабочей области насоса берутся из справочника и всегда положительны, то направление действия такого насоса будет определяться только направлением входящего в узел участка.

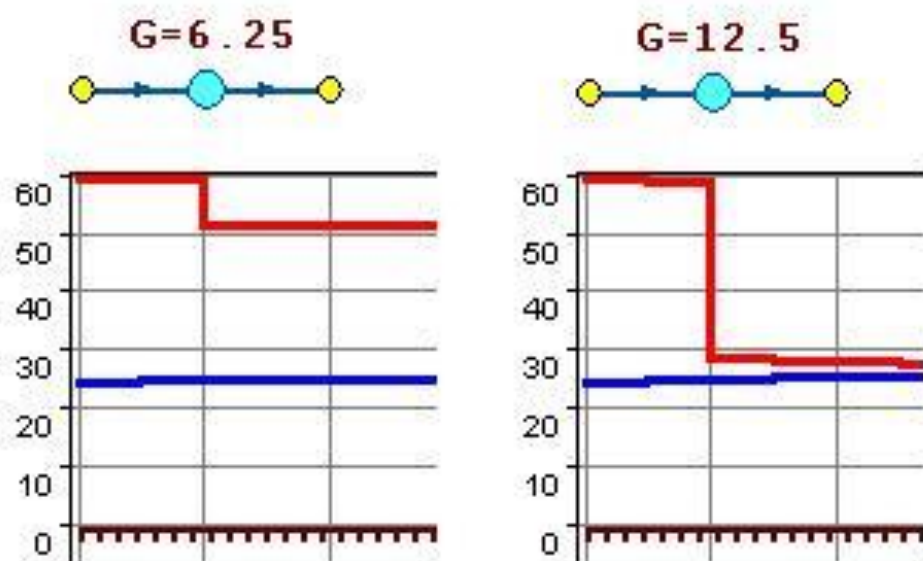
### Дросселирующие узлы

Дросселирующие устройства в однолинейном представлении являются узлами, но во внутренней кодировке - это дополнительные участки с постоянным или переменным сопротивлением. В дросселирующий узел обязательно должен входить только один участок, и только один участок из узла должен выходить.



### Дроссельная шайба

С точки зрения модели дроссельная шайба это фиксированное сопротивление, определяемое диаметром шайбы, которое можно устанавливать как на подающем так и на обратном трубопроводе.

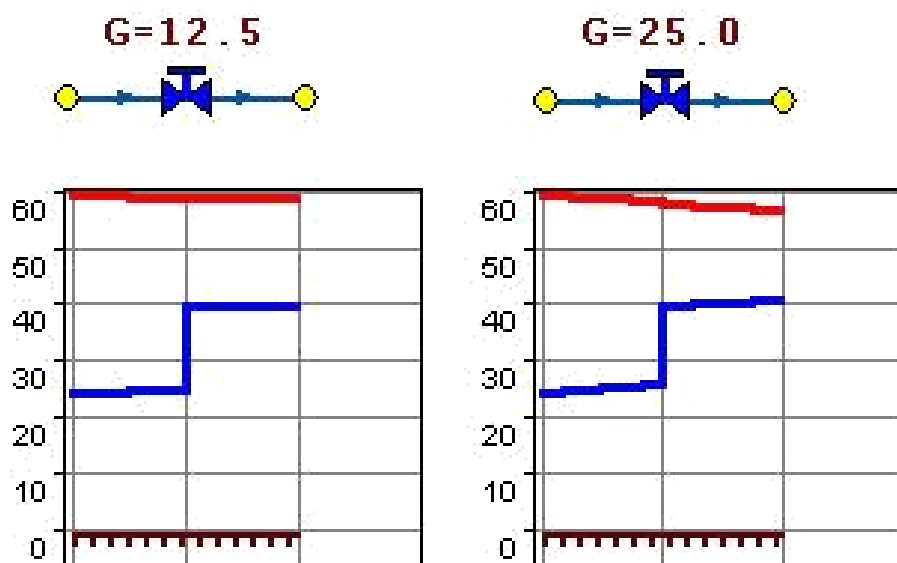


Так как это нерегулируемое сопротивление, то величина гасимого шайбой напора зависит от квадрата проходящего через шайбу расхода.

На рисунке видно, как меняются потери на шайбе, установленной на подающем трубопроводе, при увеличении расхода через нее в два раза.

### Регулятор давления

Регулятор давления - это устройство с переменным сопротивлением, которое позволяет поддерживать заданное давление в трубопроводе в определенном диапазоне изменения расхода. Регулятор давления может устанавливаться как на подающем так и на обратном трубопроводе.



На рисунке показано, что при увеличении в два раза расхода через регулятор, установленный в обратном трубопроводе, давление в регулируемом узле остается постоянным.

Величина сопротивления регулятора может изменяться в пределах от бесконечности до сопротивления полностью открытого регулятора. Если условия работы сети заставляют регулятор полностью открыться, то он начинает работать как нерегулируемый дросселирующий узел.

### **Регулятор располагаемого напора**

Работа регулятора располагаемого напора аналогична работе регулятора давления только в этом случае регулятор старается держать постоянной заданную величину располагаемого напора.

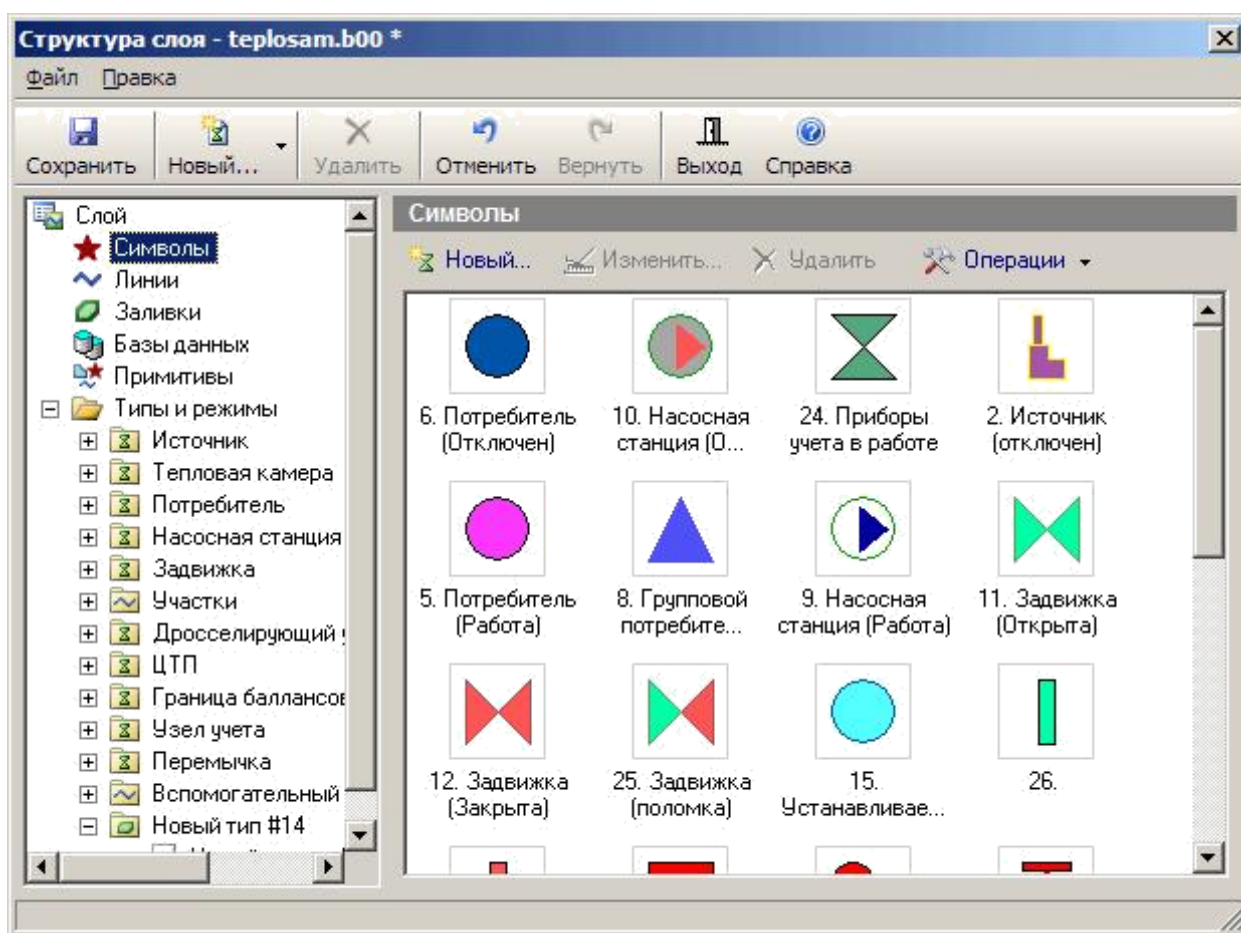
### **Регулятор расхода**

Регулятор расхода - это узел с переменным сопротивлением, которое позволяет поддерживать постоянным заданное значение проходящего через регулятор расхода. Регулятор можно устанавливать как на подающем так и на обратном трубопроводе. К работе регулятора расхода можно отнести все сказанное про регуляторы давления.

## **2 Библиотека символов. Создание, редактирование и удаление символов**


В библиотеке символов слоя содержатся все символы, которые могут использоваться в данном слое. Для перехода к библиотеке символов выберите пункт **Символы** дерева структуры слоя в окне **Структура слоя**. В правой части окна откроется область управления библиотекой. В верхней части области библиотеки располагается панель инструментов с кнопками для выполнения основных действий над символами.


При создании пустого слоя, библиотека символов также создается пустой. При создании слоя инженерной сети (тепловой, водопроводной, газовой, паровой) библиотека символов создается с символами для типов и режимов сети.




С символами в библиотеке доступны следующие основные действия:

- **Создание нового символа библиотеки символов.** Для создания символа нажмите кнопку

-  **Новый** в панели инструментов библиотеки и задайте параметры добавляемого символа в открывшемся редакторе символов;

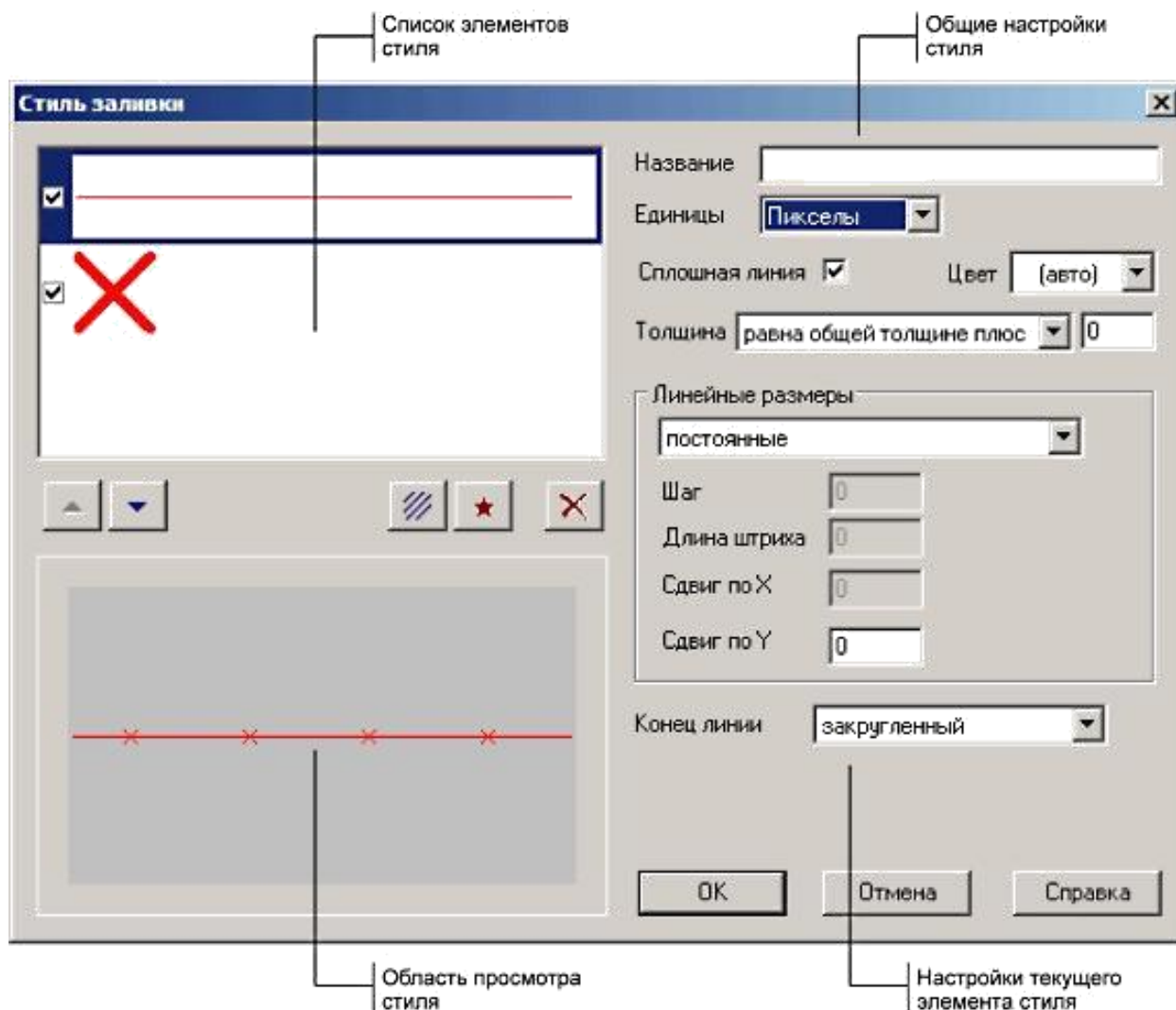
- **Редактирование символа библиотеки символов.** Для редактирования символа выберите его в библиотеке щелчком левой кнопки мыши, нажмите кнопку  **Изменить** панели инструментов библиотеки и измените настройки символа в открывшемся редакторе символов;

- **Удаление символа из библиотеки.** Для удаления символа выберите его в библиотеке щелчком левой кнопки мыши и нажмите кнопку  **Удалить** панели инструментов библиотеки.

### Редактор стиля линий

Создание стиля линии сводится к заданию элементов из которых формируется рисунок линии. Количество элементов в стиле не ограничено. При отображении элементы стиля накладываются друг на друга.

После вызова редактора для нового стиля на экране появится диалог, представленный ниже:



Диалог редактора состоит из следующих основных частей:

- Область общих настроек стиля. В этой области собраны следующие параметры стиля:
  - В поле **Название**, при необходимости, задается название стиля линии. Название для стиля необязательно. Если названия нет, для именования стиля используется его номер;
  - В поле **Единицы** задаются единицы измерения для геометрических параметров стиля линии (пиксели или миллиметры). Все линейные размеры, шаги, сдвиги, толщины могут принимать не только целые, но и дробные значения. На экране дробные размеры округляются до экранных пикселей, но при печати все размеры воспроизводятся точно.
- Список элементов стиля. В списке отображаются все элементы, используемые в данном стиле линии;
  - Область настроек текущего элемента. Набор полей настроек в списке зависит от типа выбранного элемента в списке – линейного, или символического.
  - Область просмотра стиля. Предварительный просмотр линии с редактируемым стилем.








### Список элементов стиля


Элементы выводятся в списке в том же порядке, в каком они отображаются: сначала рисуется верхний элемент, затем, поверх него второй сверху, и т.д.

Слева от каждого элемента списка располагается флажок, элемент отображается в стиле, только когда этот флажок установлен.

Для выбора элемента списка достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши. Под списком располагаются кнопки управления:

-  – сдвиг выбранного элемента вверх по списку;
-  – сдвиг выбранного элемента вниз;
-  – Добавление нового линейного элемента стиля в нижнюю строку списка (см. Задание линейных элементов);
-  – Добавление нового символьного элемента стиля в нижнюю строку списка (см. Задание символьных элементов);
-  – Удаление выбранного элемента из списка.

### Задание линейных элементов


Для задания нового линейного элемента стиля, нажмите кнопку  под списком элементов, для редактирования существующего линейного элемента выберите его в списке.

Параметры выбранного линейного элемента задаются в полях правой части диалога стиля:

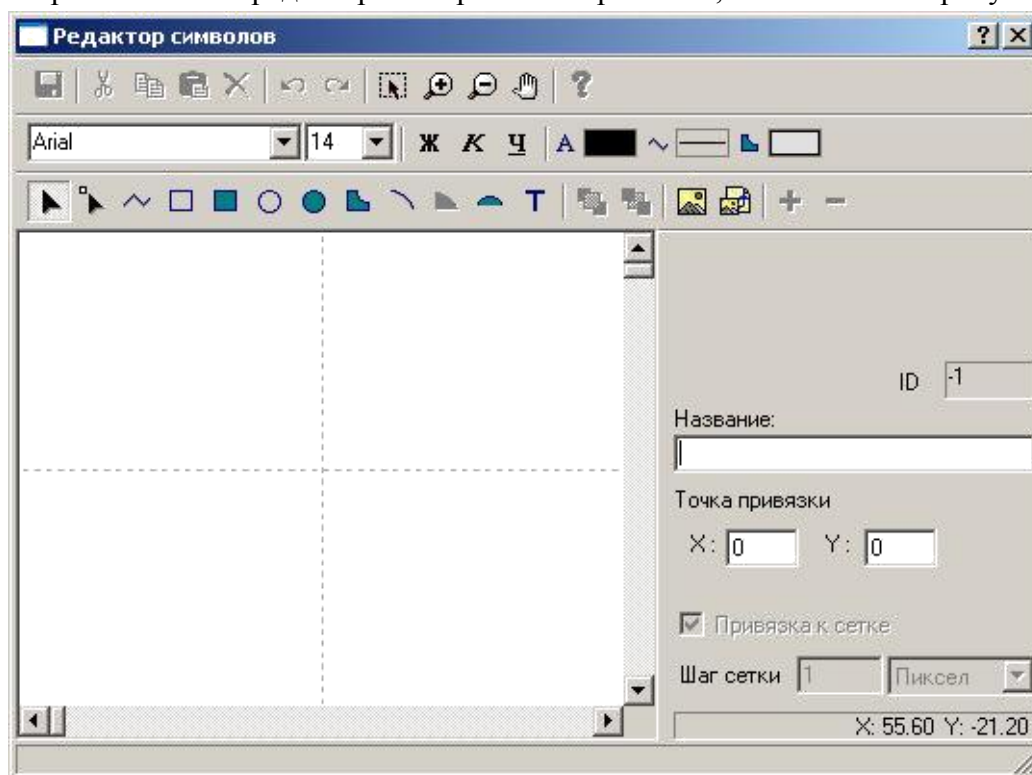
- **Сплошная линия.** Флажок задает тип линии элемента. Когда он установлен линия рисуется сплошной, когда снят – прерывистой. Для прерывистых линий задаются дополнительные параметры: шаг, длина штриха, сдвиг штрихов вдоль линии (см. ниже);
- **Цвет.** Цвет линии. В поле либо задается конкретный цвет, в этом случае линия всегда отображается выбранным цветом, либо выбирается значение «авто», – в этом случае линия отображается цветом выбранным в диалоге «Стиль» при нанесении линий;
- **Толщина.** Толщина линии. В поле со списком выбирается способ задания толщины, а в поле ввода – толщина линии.
  - Доступны следующие способы задания толщины линии:
    - «постоянная». Толщина линии остается всегда постоянной и равна значению, указанному в поле ввода;
    - «равна общей толщине плюс». Толщина отображаемой линии складывается из значения указанного в поле ввода + значение толщины линии указанное в диалоге «Стиль» при нанесении линий;
    - «пропорциональная». Толщина линии равна произведению значения указанного в поле ввода и толщины, указанной в диалоге «Стиль» при нанесении линий.
  - **Линейные размеры.** В данной группе настроек задаются параметры штрихов для прерывистой линии, и сдвиг поперек направления линии для непрерывной линии.
    - В поле со списком задается способ расчета линейных размеров: «постоянные» – размеры равны указанным в соответствующих полях, и «пропорциональные» – размеры определяются как заданный размер \* значение толщины линии указанное в диалоге «Стиль» при нанесении линий;

- Шаг (только для прерывистых линий). Задаёт шаг штрихов линии. Например, если для шага указано значение 10 пикселей, то каждые 10 пикселей линии будет начинаться новый штрих;
  - Длина штриха (только для прерывистых линий). Задаёт длину штрихов линии. Если штрих выступает за начало следующего штриха (длина штриха + смещение штриха по X превышает шаг штриха), то выступающая часть штриха отбрасывается;
  - Сдвиг по X (только для прерывистых линий). Смещение штриха вдоль направления линии. Смещение может иметь как положительное, так и отрицательное значение;
  - Сдвиг по Y. Смещение штриха поперек направления линии. Смещение может иметь как положительное, так и отрицательное значение.
- Конец линии. Вид отображения концов линии – закругленный, квадратный, либо прямой.

### Задание символьных элементов

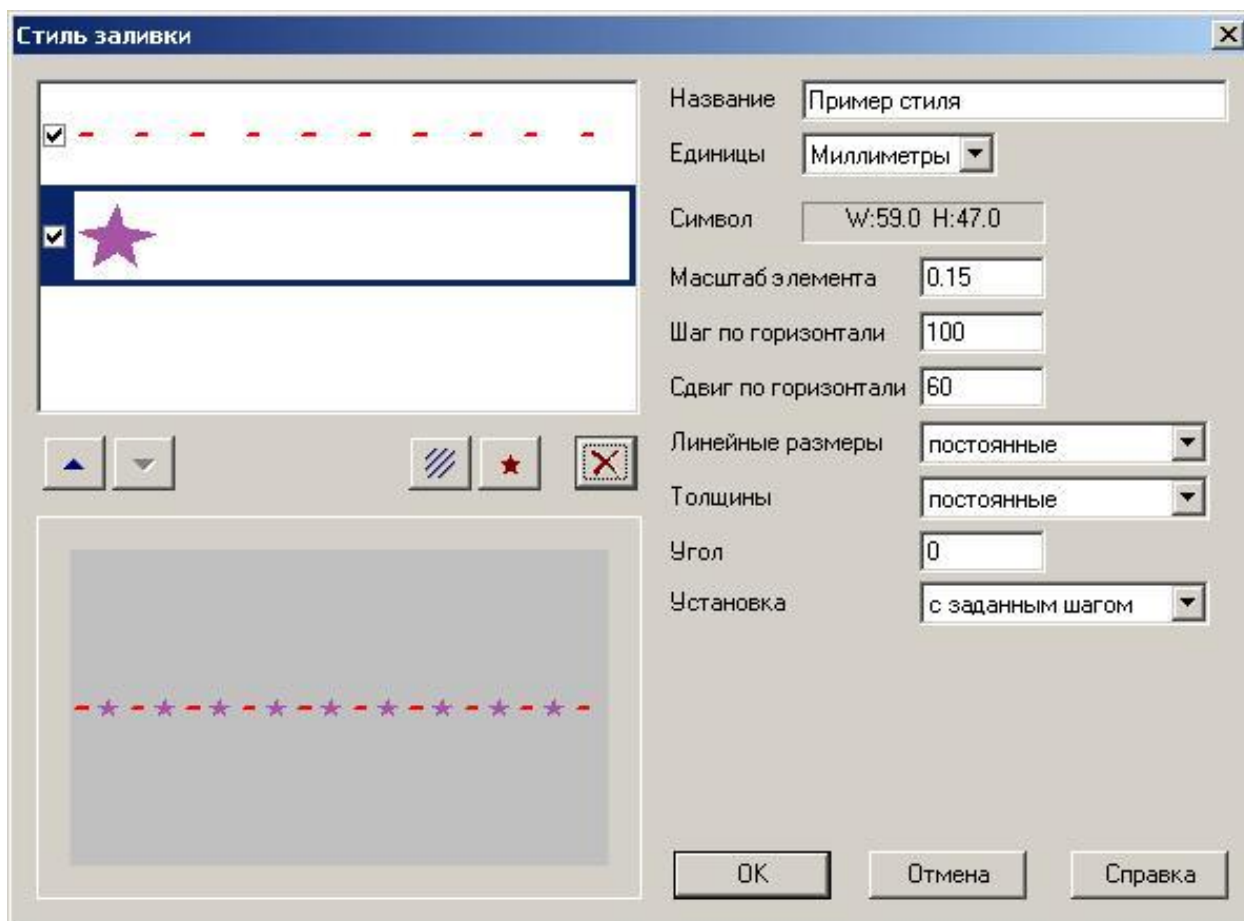
Для задания нового символьного элемента стиля, нажмите кнопку , для изменения вида существующего символьного элемента дважды щелкните левой кнопкой мыши по элементу в списке.

На экране появится редактор векторных изображений, показанный на рисунке:



Подробно создание векторного рисунка описано в разделе Редактор символов.

По завершении создания векторного изображения в список элементов стиля добавляется символьный элемент. В правой части диалога «Стиль заливки» отображаются поля для задания параметров отображения данного символьного элемента. Для настройки параметров уже существующего символьного элемента достаточно его выбрать в списке.



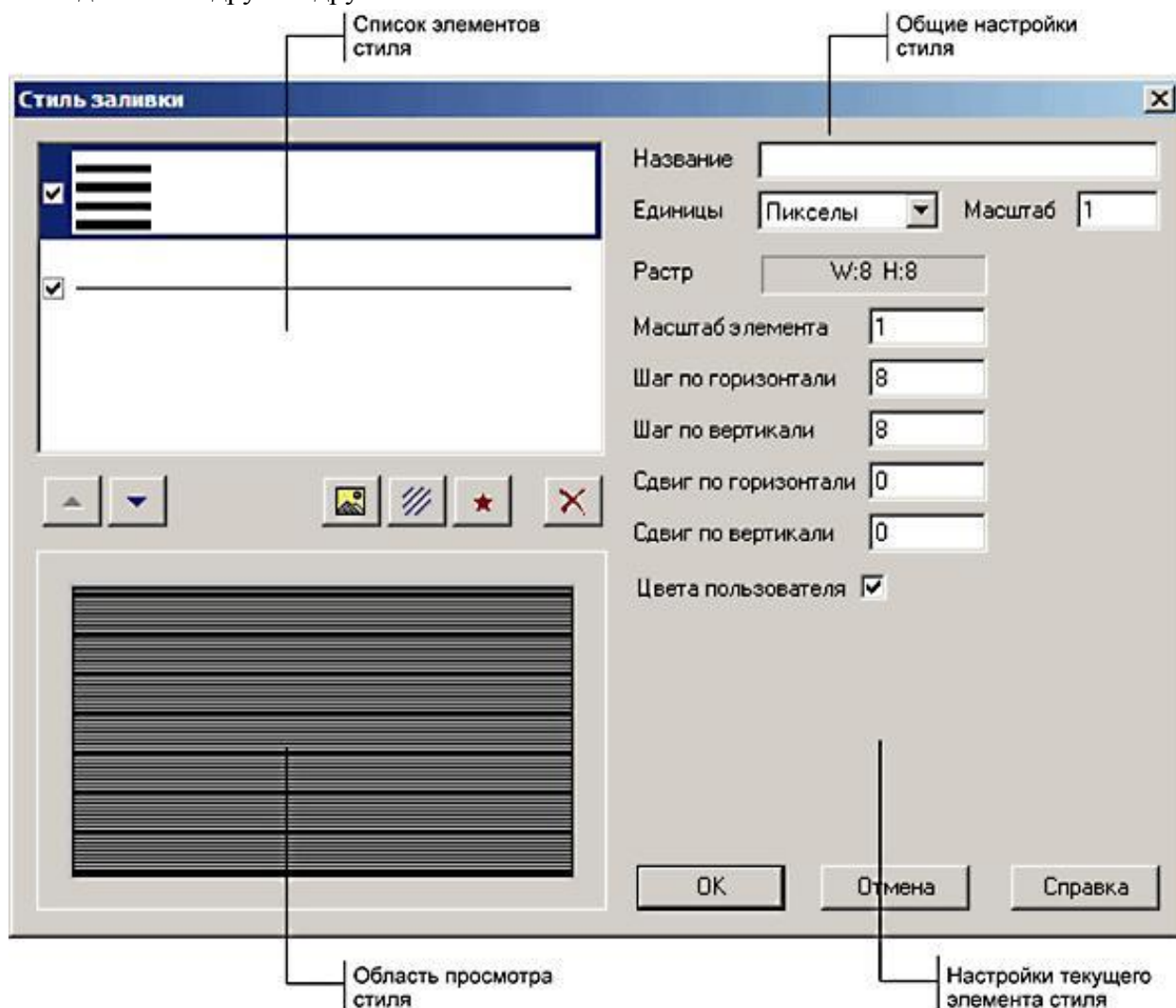
Параметры символьного элемента задаются следующими полями:

- **Символ.** Информационное поле, в котором приводится ширина и высота символа в выбранных единицах;
- **Масштаб элемента.** Коэффициент масштабирования символа, – на эту величину умножаются линейные размеры данного элемента;
- **Шаг по горизонтали.** Шаг, с которым выводится символ в линии;
- **Сдвиг по горизонтали.** Расстояние вдоль линии, на которое сдвигается изображение символа;
- **Линейные размеры.** Способ расчета размеров элемента при отображении линии: «постоянные» – размеры равны исходным размерам объекта, и «пропорциональные» – размеры определяются как исходный размер \* значение толщины линии указанное в диалоге «Стиль» при нанесении линий;
- **Толщины.** Способ расчета толщин линий символьного элемента при отображении линии: «постоянные» – толщины равны исходным толщинам, и «пропорциональные» – толщины определяются как исходная толщина \* значение толщины линии указанное в диалоге «Стиль» при нанесении линий;
- **Угол.** Угол поворота символа против часовой стрелки;
- **Установка.** Способ установки объекта:
  - «с заданным шагом». Символ выводится с шагом указанным в поле **Шаг по горизонтали**;
  - «в начале отрезка». Символ выводится только в начале отрезка, отрезком считается кусок линии от одной точки перелома до другой;

- «в начале полилинии». Символ выводится только в начале полилинии, независимо от точек перелома;
- «в конце отрезка». Символ выводится только в конце отрезка, отрезком считается кусок линии от одной точки перелома до другой;

### Редактор стилей заливок

Создание стиля заливки сводится к заданию элементов из которых формируется заливка. Количество элементов в стиле не ограничено. При отображении элементы стиля накладываются друг на друга.



После вызова редактора для нового стиля на экране появится диалог, изображенный на рисунке. Диалог редактора состоит из следующих основных частей:

- Область общих настроек стиля. В этой области собраны следующие параметры стиля:
  - В поле **Название**, при необходимости, задается название стиля. Название для стиля необязательно. Если названия нет, для именования стиля используется его номер;
  - В поле **Единицы** задаются единицы измерения для геометрических параметров стиля заливки (пиксели или миллиметры). Все линейные размеры, шаги, сдвиги, толщины могут принимать не только целые, но и дробные значения. На экране дробные размеры округляются до экранных пикселей, но при печати все размеры воспроизводятся точно;

В поле **Масштаб** задается масштабный коэффициент, на который умножаются все линейные размеры заливки при отображении. Это позволяет одновременно масштабировать все элементы заливки.

– Список элементов стиля. В списке отображаются все элементы, используемые в данном стиле линии (см. «Список элементов стиля»);

– Область настроек выбранного элемента стиля. Набор полей настроек в списке зависит от типа выбранного элемента в списке – растровой или векторной заливки, штриховки;







– Область просмотра стиля. Предварительный просмотр заливки с редактируемым стилем.

### Список элементов стиля


Элементы выводятся в списке в том же порядке, в каком они отображаются: сначала рисуется верхний элемент, затем, поверх него второй сверху, и т.д.

Слева от каждого элемента списка располагается флажок, элемент отображается в стиле, только когда этот флажок установлен.

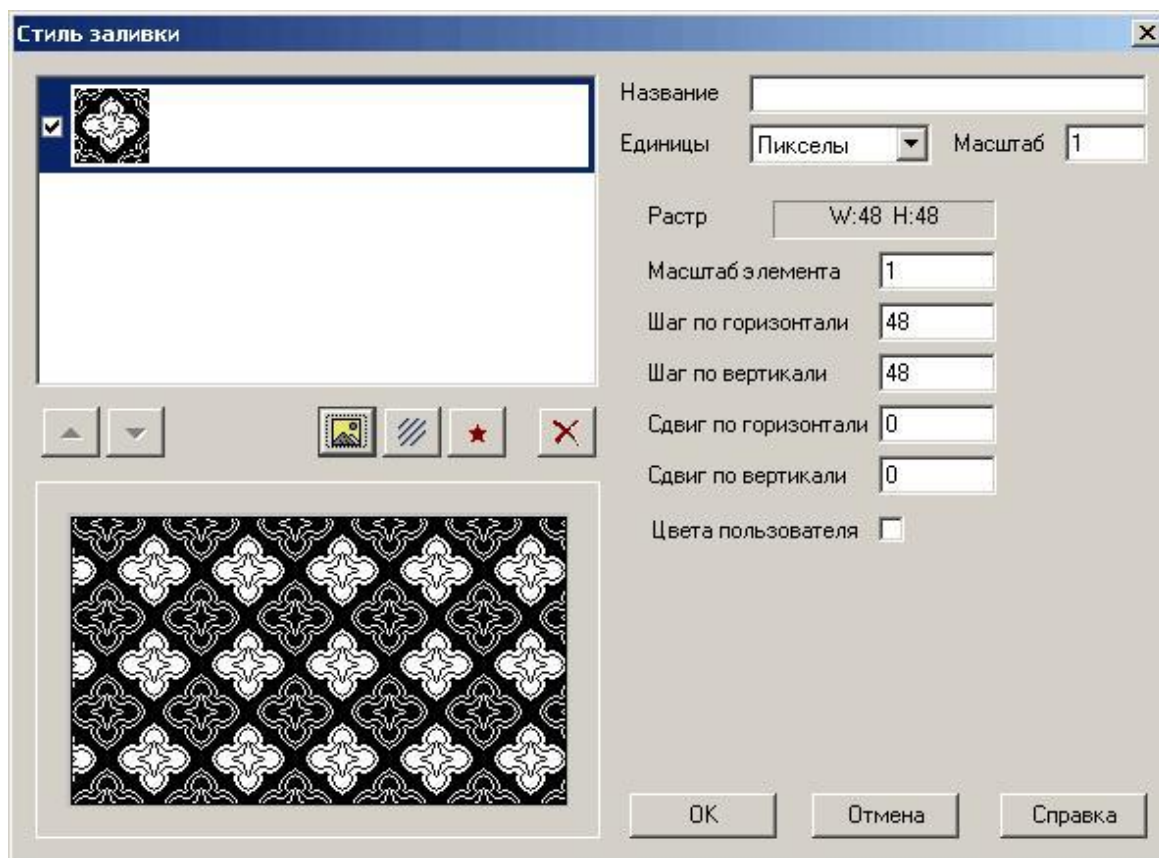
Для выбора элемента списка достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши. Под списком располагаются кнопки управления:

-  – сдвиг выбранного элемента вверх по списку;
-  – сдвиг выбранного элемента вниз;
-  – добавление нового растрового элемента заливки (см. Задание растровой заливки);
-  – Добавление нового векторного элемента заливки (см. Задание векторной заливки);
-  – Добавление новой штриховки (см. Задание штриховки);
-  – Удаление выбранного элемента из списка.

### Задание растровой заливки

Для создания нового растрового элемента заливки нажмите кнопку . На экране появится окно редактора растровых изображений. Для открытия редактора для уже существующего растрового элемента достаточно дважды щелкнуть по нему в списке элементов.


По завершении создания растрового изображения в список элементов стиля добавляется растровый элемент. В правой части диалога «Стиль заливки» отображаются поля для задания параметров отображения данного растрового элемента. Для настройки параметров уже созданного растрового элемента достаточно его выбрать в списке.



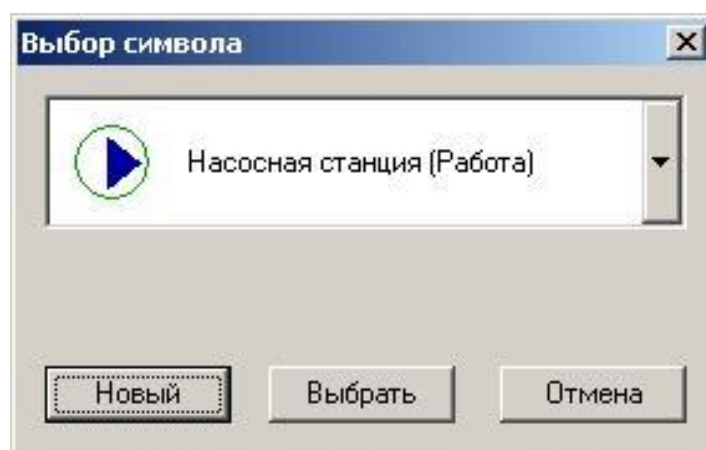
Параметры растрового элемента задаются следующими полями:

- **Растр**. Информационное поле в котором приводятся ширина и высота растра в выбранных единицах размера;
- **Масштаб**. Коэффициент на который умножаются линейные размеры выбранного элемента при отображении;
- **Шаг по горизонтали/Шаг по вертикали**. Шаг, с которым выводится в заливке растровый рисунок, по вертикали и горизонтали. Если шаг совпадает с размером рисунка по соответствующей оси, то соседние рисунки будут отображаться без зазоров между ними. Если шаг меньше размера рисунка, то соседние рисунки будут накладываться друг на друга;
- **Сдвиг по горизонтали/Сдвиг по вертикали**. Смещение начальных координат рисунков по соответствующей оси. Может быть полезен при использовании комбинированной заливки
  - смещение позволяет задать относительное стартовое положение для элементов заливки;
- **Цвета пользователя**. Флажок доступен только для монохромных растров состоящих из черного и белого цветов. Если флажок установлен, то при заливке полигона в качестве двух цветов используются цвет фона и цвет узора полигонального объекта

### Задание векторной заливки

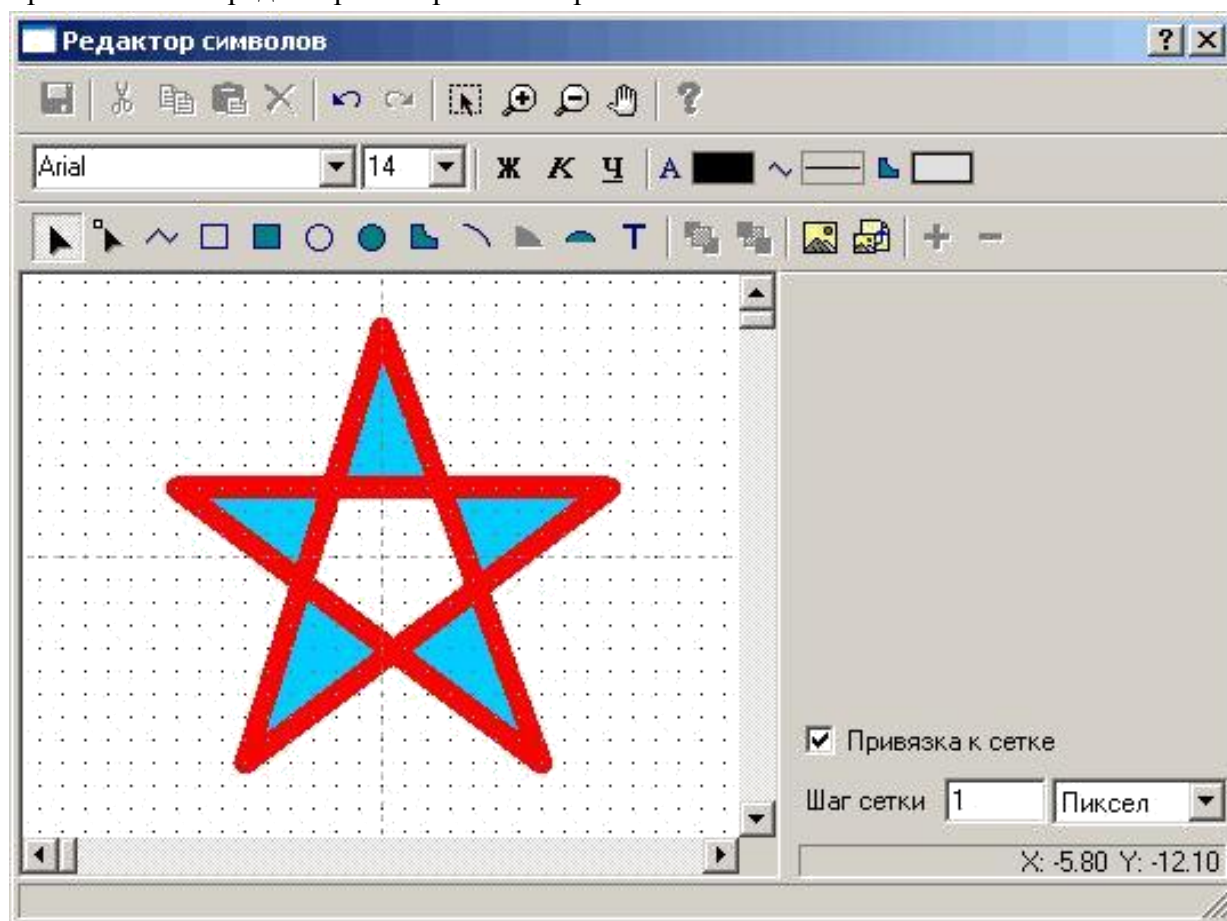
Для создания нового элемента векторной заливки нажмите кнопку . На экране появится диалог выбора векторных изображений из библиотеки символов слоя:





Для выбора существующего изображения выберите в выпадающем списке нужный символ и нажмите кнопку **Выбрать**.

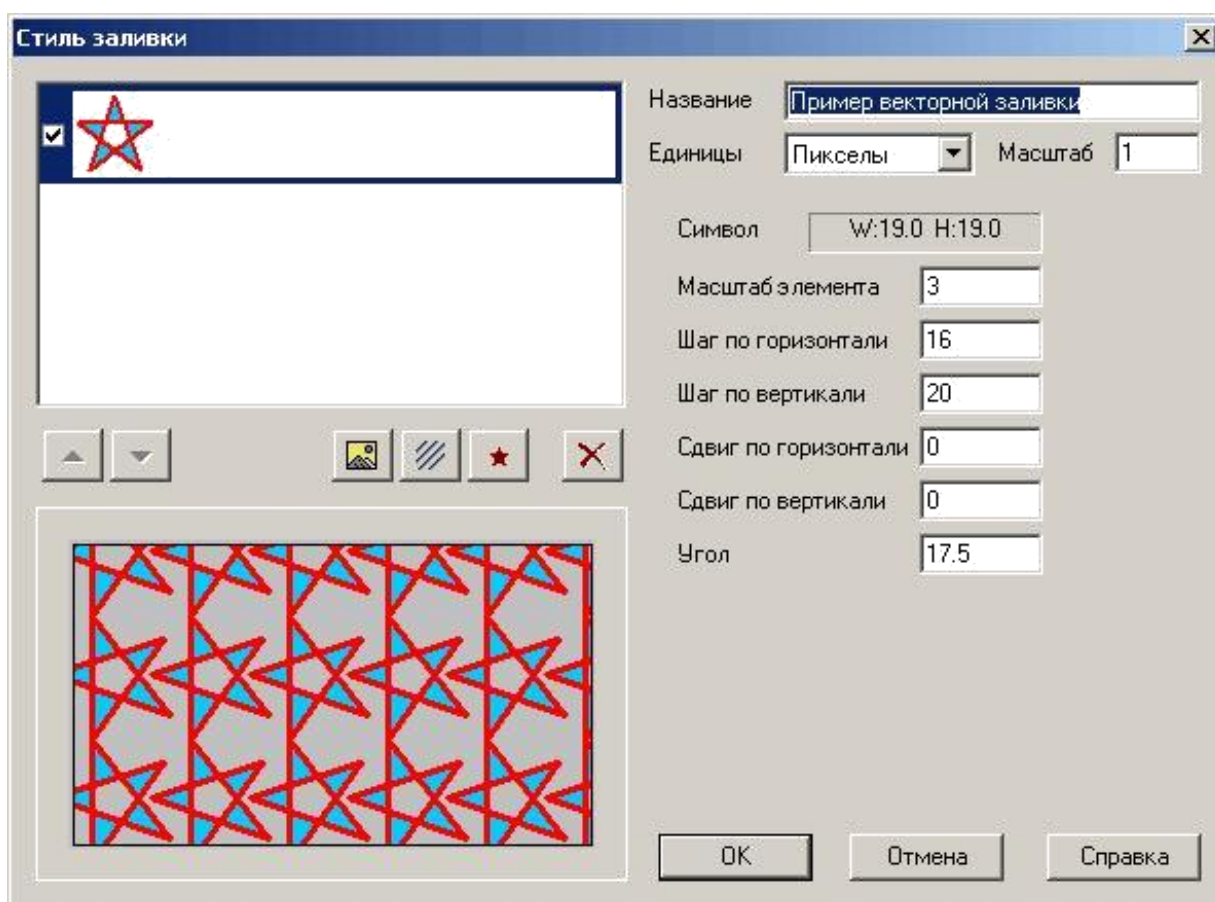
Для создания нового векторного изображения нужно нажать кнопку **Новый**. На экране появится редактор векторных изображений:



Подробно создание векторного рисунка описано в разделе Редактор символов.

Для редактирования векторного элемента уже добавленного стиль заливки достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по его строке в списке.

По завершении создания/выбора векторного изображения в список элементов стиля добавляется векторный элемент. В правой части диалога «Стиль заливки» отображаются поля для задания параметров отображения данного векторного элемента. Для настройки параметров уже существующего символьного элемента достаточно его выбрать в списке:



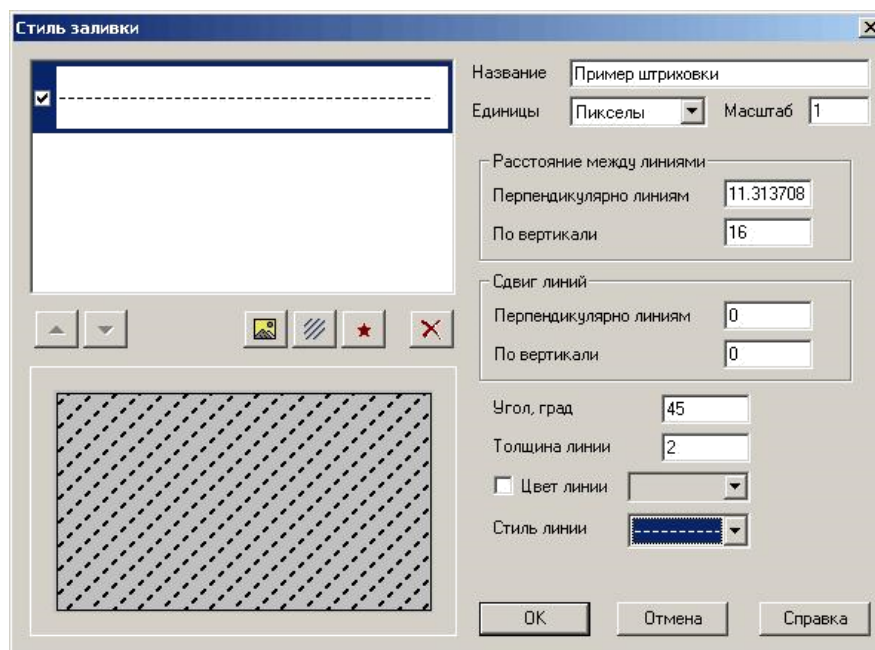
Параметры векторного элемента задаются в следующих полях:

- **Символ.** Информационное поле в котором приводятся ширина и высота векторного символа в выбранных единицах размера;
- **Масштаб элемента.** Коэффициент на который умножаются линейные размеры выбранного элемента при отображении;
- **Шаг по горизонтали/Шаг по вертикали.** Шаг, с которым выводится в заливке векторный символ, по вертикали и горизонтали. Если шаг меньше размера символа, то соседние символы будут накладываться друг на друга;
- **Сдвиг по горизонтали/Сдвиг по вертикали.** Смещение начальных координат символов по соответствующей оси. Может быть полезен при использовании комбинированной заливки – смещение позволяет задать относительное стартовое положение для элементов заливки;
- **Угол.** Угол поворота символа против часовой стрелки.

### Задание векторной штриховки

Для задания нового элемента векторной штриховки нажмите кнопку .

В список элементов добавится элемент векторной штриховки, а в правой части диалога отобразятся поля для задания параметров отображения данной векторной штриховки. Для настройки параметров уже существующей векторной штриховки достаточно ее выбрать в списке.



Параметры штриховки задаются в следующих полях:

- **Расстояние между линиями.** В этой группе настроек задается расстояние между линиями штриховки.

- В поле **Перпендикулярно линиям** задается расстояние между линиями перпендикулярно направлению линий.

- В поле **По вертикали** – задается расстояние по вертикали между соответствующими точками соседних линий. При угле поворота линии между 46 и 135 градусами (либо между 226 и 315 градусами) данное поле заменяется на поле **По горизонтали**, в котором задается расстояние по горизонтали между соответствующими точками соседних линий.

- Поля **Перпендикулярно линиям** и **По вертикали (По горизонтали)** связаны между собой, при изменении значения в одном поле, значение другого поля пересчитывается автоматически;

- **Сдвиг линий.** Группа настроек в которой задается смещение линий относительно других элементов заливки при создании комбинированных заливок.

- В поле **Перпендикулярно линиям** задается смещение перпендикулярно направлению линии.

- В поле **По вертикали** – задается смещение линий по вертикали. При угле поворота линии

между 46 и 135 градусами (либо между 226 и 315 градусами) данное поле заменяется на поле **По горизонтали**, в котором задается смещение по горизонтали. Поля **Перпендикулярно линиям** и **По вертикали (По горизонтали)** связаны между собой, при изменении значения в одном поле, значение другого поля пересчитывается автоматически;

- В поле **Угол, град** задается поворот линий штриховки, в градусах, против часовой стрелки;

- Поле **Толщина линии** задает толщину линии в заданных единицах;

- Флажок **Цвет линии** указывает какой цвет используется для вывода линий штриховки. Если флажок сброшен, то используются цвета заданные для линии в стиле линии, если установлен – цвет, выбранный в поле справа от флажка;

**Стиль линии.** Стиль линии используемый для вывода линий штриховки. Стиль выбирается из стилей линий слоя.